কম্পিউটার ও ফরট্রান প্রোগ্রাম বিধি

এ.আই.এম.টি-র পক্ষে
ড: প্রদীপ নিয়োগী
শ্রীরণেন্দ্রনাথ মুখোপাধ্যায়

ওরিয়েন্ট লংম্যান

কমপিউটার ও ফরট্রান প্রোগ্রামবিধি

বিশ্লিষ্ট গণিত

[দশম শ্রেণীর জন্য]

এ. আই. এম. টি-র পক্ষে

ডক্টর প্রদীপ নিয়োগী এম্. এস্.-সি. (কলিকাতা), ডি. এস্-সি. (আখেন)

রীডার, গণিত বিভাগ, যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়

এবং

শ্রীরণেন্দ্রনাথ মুখোপাধ্যায় এম্. এস্-সি. (কলিকাতা), বি. এড্.

গণিত শিক্ষক, লা-মার্টিনিয়ার স্কুল ফর বয়েজ, কলিকাতা

ওরিয়েণ্ট লংম্যান লিমিটেড

কলিকাতা ॥ বোম্বাই ॥ নয়াদিল্লী ॥ মাদ্রাজ

বাঙ্গালোর ॥ হায়দ্রাবাদ

ওরিয়েণ্ট লংম্যান লিমিটেড
রেজিস্টার্ড অফিস
৩/৫ আসফ আলী রোড, নয়াদিল্লী ১১০০০১

অন্যান্য অফিস
১৭ চিত্তরঞ্জন অ্যাভিনিউ, কলিকাতা ৭০০০৭২
কামানী মার্গ, ব্যালার্ড এস্টেট, বোম্বাই ৪০০০৩৮
৩৬এ মাউণ্ট রোড, মাদ্রাজ ৬০০০০২
১/২৪ আসফ আলী রোড, নয়াদিল্লী ১১০০০১
৮০/১ মহাত্মা গান্ধী রোড, বাঙ্গালোর ৫৬০০০১
৩-৫-৮২০ হায়দারগুডা, হায়দ্রাবাদ ৫০০০০১

প্রথম প্রকাশ : ডিসেম্বর ১৯৭৫

প্রকাশক : শ্রী এন. ভেঙ্কু আয়্যার, ম্যানেজার,
ওরিয়েণ্ট লংম্যান লিমিটেড, কলিকাতা ৭০০০৭২
মুদ্রাকর : পি. সি. রায়
সনেট প্রিন্টিং ওয়ার্কস
১৯ গোয়াবাগান স্ট্রীট, কলিকাতা ৭০০০০৬

প্রাক্‌-কথন

নতুন পাঠক্রম প্রবর্তিত হলে নতুন পাঠ্যপুস্তক রচনা স্বাভাবিক-ভাবেই অবশ্যকর্তব্য হয়ে ওঠে, বিশেষ ক'রে, যখন পাঠক্রম মারফত সম্পূর্ণ অ-সনাতনী ও নতুন ভাবধারার আবাহনে সক্রিয় প্রয়াস থাকে। পাঠক্রমে তথ্যগত বা তত্ত্বগত বিন্যাসের অসংগতি থাকলেও উৎসাহী শিক্ষকদের মধ্যে নতুন সাড়া জাগে, বিশেষত তাঁদের মধ্যে, যাঁরা নতুন চিন্তাধারার সঙ্গে অন্তত আংশিকভাবেও অবহিত হয়েছেন। মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক 'Discrete Mathematics' (বিশ্লিষ্ট গণিত) নামক ঐচ্ছিক গণিতের পাঠক্রম প্রবর্তনে শিক্ষকদের মধ্যে অনুরূপ উৎসাহ বিভিন্ন প্রশিক্ষণ শিবিরের মাধ্যমে সুস্পষ্টরূপে পরিলক্ষিত হয়েছে। এই উদ্দীপনাকে একটি সুসংহত ও স্থায়ী রূপ দেওয়া যায় পুস্তক মারফত—এটি আমাদের সংস্থার দৃঢ় বিশ্বাস। তাই পাঠক্রম ঐচ্ছিক হলেও আমাদের এই সংস্থা এই পুস্তক প্রণয়নে ব্রতী হয়েছে।

সামগ্রিকভাবে পর্ষৎ কর্তৃক প্রবর্তিত পুরো পাঠক্রমে কতখানি আধুনিকীকরণ সার্থক হয়েছে সেটি বিচার ও আলোচনা সাপেক্ষ হলেও উপরোক্ত ঐচ্ছিক পাঠক্রমে কিছু নতুন ভাবনা-চিন্তার অবকাশ আছে। যন্ত্র-গণক (computer)-এর সঙ্গে মাধ্যমিক পর্যায়ে পরিচিতি ঘটানোই এই পাঠক্রমের মূল উদ্দেশ্য বলে মনে হয় এবং অন্যান্য অংশগুলি এই মূল বিষয়টির আনুষঙ্গিক হিসাবে পরিগণিত হয়েছে। এই চিন্তাধারার পরিপ্রেক্ষিতে বিদ্যালয় স্তরে বিষয়ের সুষ্ঠু অবতারণা করা একটি দুরূহ কর্ম, বিশেষ ক'রে যখন উপযুক্ত পরিভাষার অভাব আছে। পুস্তকটি দুই খণ্ডে প্রকাশিত হয়েছে। প্রথম খণ্ডে সেট ও তার কিছু ধর্ম, বুলীয় অ্যালজেব্রা, বুলীয় ফাংশন, বৈকল্পিক স্বভাবী আকারের ফাংশন, যৌগিক স্বভাবী আকারের ফাংশন ও সরলীকরণ, গাণিতিক ন্যায় বা প্রতীকী ন্যায় বাস্তবমুখী ও জীবনভিত্তিক উদাহরণের সাহায্যে বিশেষভাবে আলোচনা ক'রে পূর্বে একটি পৃথক পুস্তকাকারে প্রকাশিত হয়েছে। বর্তমানে প্রকাশিত দ্বিতীয় খণ্ডে যন্ত্রগণক, তার প্রয়োগকৌশল ও নৈপুণ্য, যন্ত্রগণকের বিভিন্ন ভাষা এবং বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখায় যন্ত্রগণক কতখানি ফলপ্রসূ হয়েছে বা হচ্ছে, তা নিয়ে অত্যন্ত সুচারু ও পরিশীলিতভাবে আলোচনা করা হয়েছে। এই পুস্তকে

যন্ত্রগণকের শক্তিশালী ও বহুলাংশে প্রচলিত ভাষা ফরট্রান (FORTRAN) বিশদভাবে আলোচিত হয়েছে। সংস্থা আশা করে, পুস্তকটি যন্ত্রগণক সম্বন্ধে যে সমস্ত ভ্রান্ত ধারণা স্বাভাবিকভাবে প্রচলিত আছে তার দূরীকরণ এবং যন্ত্রগণকের প্রয়োগব্যাপ্তি সম্বন্ধে সকল প্রকার অনীহা ও ভীতি নিরসন করতে সক্ষম হবে। দ্বিতীয় খণ্ডের রচয়িতা হচ্ছেন আমাদের সংস্থার সক্রিয় সদস্যদ্বয় ডক্টর প্রদীপ নিয়োগী (যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়) ও শ্রীরণেন মুখোপাধ্যায় (লা মার্টিনিয়ার স্কুল ফর বয়েজ)। দ্বিতীয় খণ্ডের মুখ্য বিষয়বস্তু সম্পর্কে ডক্টর নিয়োগী ও শ্রীমুখোপাধ্যায় সংক্ষেপে ইতিপূর্বে আলোচনা করেছেন। এই দুইজন পুস্তকের মূল লেখক হলেও, পুস্তকটির বর্তমান রূপায়ণে অনেকেই অংশগ্রহণ করেছেন। এইজন্য এঁরা সবাই আমাদের সংস্থার ধন্যবাদার্হ। ডক্টর নিয়োগী ও শ্রীমুখোপাধ্যায় তাঁদের সময় ব্যয় ক'রে আমাদের সংস্থাকে কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করেছেন। আমাদের প্রকাশক ও তাদের কর্মীবৃন্দকে এই সুযোগে ধন্যবাদ জ্ঞাপন করছি, কারণ সম্পূর্ণ নতুন ধাঁচের পুস্তক প্রকাশনের ঝুঁকি গ্রহণ করায় তাদের সাহস ও প্রেরণা অনেকখানি প্রশংসার্হ।

আমাদের সংস্থা আশা করে, সমগ্র শিক্ষকসমাজ ও ছাত্রসমাজে এই পুস্তকটি সমাদৃত হবে। আমাদের ধারণা, সাবলীল ও ঋজু বাংলায় রচিত computer (যন্ত্রগণক) সম্পর্কে পুস্তক হিসেবে এই পুস্তকটির যুগোপযোগী আবেদন আছে এবং আমরা আশা করি যন্ত্রগণক সম্পর্কে যারা সাধারণভাবে অবহিত হতে চান, তাদের মধ্যে বইটি স্বীকৃতি লাভ করবে। পুস্তকটির সমৃদ্ধি ও উৎকর্ষের জন্য যে-কোন প্রকার উপদেশ বা বক্তব্য আমরা সাদরে গ্রহণ করব।

২৫ ফার্ণ রোড
কলিকাতা ১৯
১৭. ১১. ১৯৭৫

সাধারণ সচিব
এ. আই. এম. টি.
(A. I. M. T.)

ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষদের ডিসক্রীট ম্যাথেম্যাটিক্স বা বিশ্লিষ্ট গণিতের দশম শ্রেণীর পাঠক্রম অনুযায়ী বর্তমান পুস্তকটি রচনা করা হয়েছে। ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটার ও ফরট্রান প্রোগ্রামবিধির এটি একটি প্রাথমিক পুস্তক। দৈনন্দিন জীবনে আজকাল প্রায়ই কমপিউটারের প্রসঙ্গ ওঠে। কমপিউটার যন্ত্রটি কিরূপ বা কিভাবে গণনার কাজ করে অথবা বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যার সমাধানে কিভাবে কমপিউটার ব্যবহার করা যায় তা এই পুস্তকে আলোচনা করা হয়েছে। স্কুল বা কলেজের শিক্ষার্থী ছাড়াও সাধারণ পাঠকদের মধ্যে যাঁরা মাতৃভাষার মাধ্যমে ডিজিটাল কমপিউটার সম্বন্ধে প্রাথমিক জ্ঞান লাভ করতে চান এবং ফরট্রান ভাষায় প্রোগ্রাম রচনা করা প্রথম শিখতে চান, পুস্তকটি তাঁদেরও কাজে লাগবে, আশা করা যায়। এজন্য যতদূর সম্ভব স্বয়ংসম্পূর্ণরূপে পুস্তকটি রচনা করার চেষ্টা করা হয়েছে। পুস্তকটি পাঠ করার জন্য উচ্চতর গণিতের জ্ঞান আবশ্যক নয় এবং স্কুলের ছাত্ররা বুঝতে পারে এমন সহজ উদাহরণের সাহায্যে মূল বিষয়বস্তুর ব্যাখ্যা করা হয়েছে। অনুশীলনের জন্য যথেষ্ট সংখ্যায় প্রশ্নমালা সংযোজিত হয়েছে।

কমপিউটারের সাহায্যে কোন সমস্যা সমাধান করতে হলে প্রথমে প্রয়োজন সমস্যাটি সমাধান করার একটি কলনবিধি, যার চিত্ররূপ হল প্রবাহচিত্র। এই উদ্দেশ্যে সমস্যাটি বিশ্লেষণ ক'রে কতকগুলি সরল নির্দেশের পরম্পরায় ভেঙে ফেলা হয়, যার নাম কলনবিধি। প্রবাহচিত্রের সাহায্যে সমস্যাটির বিভিন্ন অংশের পরস্পর সম্বন্ধ বুঝতে পারা যায় এবং সমস্যা সমাধানের জন্য কোন্ নির্দেশের পরে কোন্ নির্দেশ অনুযায়ী ক্রিয়া সাধন করতে হবে, তা চোখের সামনে স্পষ্ট ভেসে উঠে। কতকগুলি সুনির্দিষ্ট নিয়ম মেনে প্রবাহচিত্রের ভাষাকে একটি প্রোগ্রাম-ভাষায় রূপান্তরিত করা যায়। এদিক থেকে দেখলে, প্রোগ্রাম রচনার সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ধাপ হল প্রবাহচিত্র রচনা, এবং বর্তমান পুস্তকে এই অংশটির উপর বিশেষ জোর দেওয়া হয়েছে। খুব সহজ সমস্যা থেকে শুরু ক'রে নানাবিধ উদাহরণের সাহায্যে ধীরে ধীরে জটিলতর সমস্যার সঙ্গে পাঠকদের পরিচয় ঘটানো হয়েছে। প্রোগ্রাম-ভাষার মধ্যে শুধুমাত্র ফরট্রান ভাষাই আলোচিত হয়েছে কারণ ভারতবর্ষে বর্তমানে যে সকল কমপিউটার রয়েছে, তাদের বেশিরভাগেই এই ভাষার কমপাইলার বা সংকলক আছে। সহজ উদাহরণের সাহায্যে ফরট্রান ভাষায় প্রোগ্রাম রচনার মূলনীতিগুলি ব্যাখ্যা

করা হয়েছে। ষষ্ঠ অধ্যায়ে দ্বিনিধানী সংখ্যা আলোচনা করা হয়েছে এবং, কমপিউটার, পাটীগণিতীয় ক্রিয়াগুলি কিভাবে সাধন করে, তা ন্যায়-বর্তনীর (লজিকাল সারকিট) সাহায্যে বিশদভাবে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

ভাষার স্বচ্ছন্দতা যাতে ব্যাহত না হয়, সেজন্য পুস্তকের অভ্যন্তরে পারিভাষিক শব্দাবলীর ইংরেজি দেওয়া হয় নি। পারিভাষিক শব্দাবলী প্রথম যেখানে উপস্থিত হয়েছে, সেখানে তাদের সংজ্ঞা ও প্রয়োজনবোধে ব্যাখ্যা দেওয়া হয়েছে এবং দৃষ্টি আকর্ষণের উদ্দেশ্যে মোটা হরফে ছাপা হয়েছে। পুস্তকের শেষে পারিভাষিক শব্দাবলীর তালিকা (বাংলা থেকে ইংরেজি এবং ইংরেজি থেকে বাংলা) সংযোজিত হয়েছে, যাতে পাঠকদের কোনরকম অসুবিধা না হয়। প্রোগ্রামবিধি আলোচনা কালে ফরট্রান হরফেই (যার মধ্যে ইংরেজি বড় হাতের অক্ষর রয়েছে) লেখা হয়েছে এবং বাংলায় অনুবাদ করার কোনরকম চেষ্টা করা হয়নি, নির্দেশগুলির অর্থ অবশ্য বাংলায় ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

পুস্তকটি রচনার কাজে অনেকের কাছ থেকে শুভেচ্ছা, অনুপ্রেরণা ও সাহায্য পেয়েছি, তাঁদের সবাইকে আমাদের কৃতজ্ঞতা জানাই। বিশেষ ক'রে বলতে হয়, যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের গণিতের অধ্যাপক ডঃ দিলীপকুমার সিংহ ও ডঃ অমিয়ভূষণ রায় পুস্তকটি রচনার কাজে অনুপ্রাণিত করেছেন এবং এ. আই. এম. টি-র পক্ষ থেকে প্রকাশ করার ব্যবস্থা করেছেন। কমপিউটার-বিষয়ক পরিভাষা রচনার কাজে যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের ডঃ শ্যামলকুমার মজুমদার ও ডঃ বৈদ্যনাথ বসু (বর্তমানে কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়ের ফলিত গণিত বিভাগ) এবং বিড়লা মিউজিয়ামের শ্রীনিখিলেশ মিত্রের কাছ থেকে বিশেষ সাহায্য পেয়েছি। যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ে পর পর দুবছর সামার ইন্‌স্টিটিউটে এই পুস্তকের অনেকটা অংশ পড়ানো হয়েছে। এ. আই. এম. টি. আয়োজিত একটি প্রশিক্ষণ শিবিরেও বিষয়টি আলোচনা করা হয়েছে। সেখানে অংশগ্রহণকারী শিক্ষকদের কাছে এবিষয়ে সহযোগিতা ও উৎসাহের জন্য কৃতজ্ঞতা জ্ঞাপন করছি। পুস্তকটি প্রকাশ করার জন্য এ. আই. এম. টি, ওরিয়েণ্ট লংম্যান লিমিটেড এবং সনেট প্রেসকে আমাদের আন্তরিক ধন্যবাদ জানাচ্ছি।

বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয়ার্ধ কমপিউটারের যুগ। এর আগমন রুদ্ধ হবার নয়। উপযুক্ত ক্ষেত্রে কমপিউটারের সুষ্ঠু প্রয়োগে দেশের সামগ্রিক কল্যাণ হতে পারে। বর্তমানে ভারতবর্ষে বৃহত্তর জনসাধারণের মধ্যে কমপিউটার-সচেতনতার প্রয়োজন আছে। বাংলা ভাষার মাধ্যমে কমপিউটার সম্বন্ধে প্রারম্ভিক জ্ঞান প্রদান ক'রে জনসাধারণের মধ্যে সেই চেতনা প্রসারে বর্তমান পুস্তকটি সহায়ক হলে আমাদের সকল শ্রম সার্থক জ্ঞান করব।

কলিকাতা
১লা অগ্রহায়ণ, ১৩৮২ সাল

প্রদীপ নিয়োগী
রণেন্দ্র নাথ মুখোপাধ্যায়

সূচীপত্র

---

* বিয়য়সূচীর ইংরেজি অনুবাদের জন্য পরিশিষ্ট-ক দ্রষ্টব্য।

[প্রথম পাঁচটি অধ্যায়ের লেখক ও সম্পাদনা : ডক্টর প্রদীপ নিয়োগী
ষষ্ঠ অধ্যায়ের লেখক : শ্রী রণেন্দ্রনাথ মুখোপাধ্যায়]

—

পাঠক্রম (Syllabus)

বিশ্লিষ্ট গণিত (Discrete Mathematics) : দশম শ্রেণী

Circuits for Arithmetic Computation

The binary number system. Logical circuit elements. And, or, and flip-flop circuits. Addition, subtraction and multiplication of binary numbers. Circuits for parallel addition and subtraction.

Elementary concepts of digital computers, source language, compilers and machine language. Simple cases of FORTRAN programming.

—

প্রথম অধ্যায়

ইলেকট্রনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক

1.1. ভূমিকা—ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটার বা ইলেকট্রনিক **সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক** বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয়ার্ধের অন্যতম শ্রেষ্ঠ বৈজ্ঞানিক ও কারিগরী আবিষ্কার। মানুষের বহু সাম্প্রতিক আবিষ্কার ও কৃতিত্ব, সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের সাহায্য ছাড়া সম্ভব হত না। যেমন, সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক ছাড়া মানুষের পক্ষে চাঁদে যাওয়া ও নিরাপদে ভূপৃষ্ঠে প্রত্যাবর্তন সম্ভব হত না। আধুনিক জগতের সকল সভ্য সমাজই ক্রমে সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের উপর অধিকতর নির্ভরশীল হয়ে পড়ছে। সমাজের এত বিভিন্ন নতুন নতুন ক্ষেত্রে আজকাল কমপিউটারের ব্যবহার হচ্ছে যে, যে সমস্ত ক্ষেত্রে কমপিউটারের প্রয়োগ হয় তার তালিকা লিখে শেষ করে ফেলার আগেই হয়ত নতুন কোন প্রয়োগের কথা শোনা যাবে। এর থেকেই বোঝা যায়, কত দ্রুত কমপিউটার আমাদের সমাজের অঙ্গ হয়ে উঠছে।

ইলেকট্রনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক বা ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটারের কর্মের নীতি ও কমপিউটার ব্যবহারের বিধি অর্থাৎ **প্রোগ্রাম বিধি** আলোচনাই বর্তমান পুস্তকের উদ্দেশ্য।

1.2. যন্ত্রগণকের সংক্ষিপ্ত ইতিহাস—গণনার কাজে সুদীর্ঘকাল ধরে ছোটখাট মেশিন বা যন্ত্রের ব্যবহার চলে আসছে। পাশাপাশি কতকগুলি তারের মধ্যে পুঁতি গেঁথে ছোট যে যন্ত্র তৈরি করা যায়, শিশুদের গণনা শেখানোর কাজে তার ব্যবহার দীর্ঘকাল ধরে সব দেশেই চলে আসছে। ভারতবর্ষে 'যন্তর-মন্তর' নামে যে প্রাচীন মানমন্দিরগুলো এখনো আছে, সেখানে জ্যোতির্বিদ্যা সংক্রান্ত গণনার কাজে যন্ত্রের বহুল ব্যবহার দেখতে পাওয়া যায়। পশ্চিমী দেশগুলিতে বৈজ্ঞানিকগণ বহুকাল ধরেই নানারকম গাণিতিক যন্ত্রের কথা চিন্তা করে আসছেন, যার ফল আজকের **যন্ত্রগণক** বা কমপিউটার।

ফরাসী দেশে 1642 খ্রীস্টাব্দে বিখ্যাত পদার্থবিদ্ ও দার্শনিক পাসকাল[1] একটি যন্ত্র তৈরি করেন যার সাহায্যে যোগ ও বিয়োগক্রিয়া সম্পাদন করা যেত। বিখ্যাত জার্মান গণিতজ্ঞ ও দার্শনিক লাইবনিৎস[2] 1671 সালে এমন একটি মেশিন তৈরীর কাজ শুরু করেন যা গুণ ও ভাগ করতে পারে। সে কাজ শেষ হয় 1693 সালে। এই যন্ত্রগুলো অবশ্য সে-যুগে বিশেষ ব্যবহারে লাগেনি। যোগ, বিয়োগ, গুণ ও ভাগ প্রক্রিয়া সাধিত হয় এমন আধুনিক **কীবোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটর**[3] যন্ত্র তৈরি করেন অধনার[4] 1891 সালে,—আর 1920 সালে বৈদ্যুতিক ডেস্ক ক্যালকুলেটর যন্ত্র তৈরী হয়। এ ধরনের ডেস্ক ক্যালকুলেটর বর্তমান শতকে বহুল প্রচলন লাভ করে। ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটার বা ইলেকট্রনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের সঙ্গে কীবোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটরের কতটা মিল আছে, তা পরে আলোচনা করা হবে।

আধুনিক দ্রুতগতি যন্ত্রগণকগুলিকে দুভাগে ভাগ করা যায়—**অ্যানালোগ** বা **অনুরূপ** এবং **ডিজিটাল** বা **সংখ্যাত্মক**। অনুরূপ যন্ত্রগণকে ভোল্টেজ অর্থাৎ বিভব বা অনুরূপ একটি ভৌত রাশি, কোন সমস্যায় ব্যবহৃত চলরাশি রূপায়িত করে। কত নির্ভুলভাবে আমরা ভোল্টেজ পরিমাপ করে নির্ণয় করতে পারি, তার উপর অনুরূপ যন্ত্রগণকের যাথার্থ্য নির্ভর করে। সমস্যার চরিত্র অনুযায়ী অনুরূপ যন্ত্রগণক দ্বারা কমবেশি পাঁচ শতাংশ থেকে এক-সহস্রাংশের অন্তর্বর্তী যথার্থ্য লাভ করা সম্ভব। যেখানে কোন সমস্যার উত্তর শীঘ্র জানার প্রয়োজন থাকে এবং উত্তর তত যথার্থ না হলেও চলে, সেখানে অনুরূপ যন্ত্রগণক সাফল্যের সঙ্গে ব্যবহার করা যায়। অনুরূপ যন্ত্রগণকের সরলতম উদাহরণ হল **স্লাইড-রুল,** যা আমাদের বিশেষ পরিচিত ; স্লাইড রুলে চলরাশি রুলটির দৈর্ঘ্য দ্বারা রূপায়িত হয়।

অন্যদিকে যে সকল সমস্যায় উত্তরের যাথার্থ্যের প্রতি জোর দেওয়া হয় এবং প্রভূত সংখ্যক যোগ-বিয়োগ-গুণ বা ভাগক্রিয়া অর্থাৎ প্রভূত সংখ্যক পাটীগণিতীয় ক্রিয়া থাকে, সেখানে ডিজিটাল কমপিউটার বা সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক আবশ্যক। সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকে সংখ্যার রূপ পূর্ণ-সংখ্যাগুলোর মত কোন মৌল এককের গুণিতক এবং যে-কোন প্রদত্ত সংখ্যাকে যথেচ্ছ পরিমাণ

---

(1) Blaise Pascal. (2) Leibnitz. (3) Key-board Desk Calculator. (4) Odhner.

নির্ভুলভাবে রূপায়িত করা সম্ভব। বর্তমান পুস্তকে, অতঃপর কেবলমাত্র ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটার বা সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে এবং কমপিউটার বা যন্ত্রগণক শব্দের দ্বারা ডিজিটাল কমপিউটার বা সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক বোঝাবে।

সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয়ার্ধের যুগান্তকারী আবিষ্কার। এর প্রকৃত পূর্বসূরী হল ইংরেজ ইনজিনীয়ার চার্লস ব্যাবাজের[5] **বিশ্লেষণী ইনজিন** যা তিনি 1833 সালে ভেবেছিলেন এবং নকসা তৈরি করেছিলেন। বিশ্লেষণী ইনজিনের আবিষ্কারের দ্বারা যন্ত্রগণক সৃষ্টির ইতিহাসে ব্যাবাজের নাম চিরস্মরণীয় হয়ে আছে। ডেস্ক ক্যালকুলেটরের সঙ্গে বিশ্লেষণী ইনজিনের প্রধান পার্থক্য হল, কোন গাণিতিক সমস্যা সমাধানের জন্য প্রয়োজনীয় সকল নির্দেশই বিশ্লেষণী ইনজিনকে আগে থাকতে দিয়ে রাখার ব্যবস্থা ছিল। অর্থাৎ সমস্যাটির সমাধান শেষ না হওয়া পর্যন্ত যন্ত্রটি, পূর্বে প্রদত্ত নির্দেশের সাহায্যে স্বয়ংক্রিয়রূপে কাজ করতে পারত। ডেস্ক ক্যালকুলেটরে কিন্তু এ সুযোগ নেই। সেখানে কোন একটি পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার শেষে মেশিন চালককে ফল লিখে নিতে হবে এবং মেশিনকে পরবর্তী ক্রিয়ার নির্দেশ দিতে হবে। অর্থাৎ, ডেস্ক ক্যালকুলেটরে একসঙ্গে একটির বেশি ক্রিয়ার নির্দেশ দেওয়া সম্ভব নয় এবং পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার দ্বারা প্রাপ্ত ফল সঞ্চয় করারও কোন ব্যবস্থা নেই।

ব্যাবাজের বিশ্লেষণী ইনজিন পাঁচটি প্রধান অংশে বিভক্ত ছিল। প্রথম অংশটির নাম **মিল** বা **কল**, যেখানে যোগ, বিয়োগ, গুণ ও ভাগ প্রক্রিয়া সাধিত হবে এবং সহজ সিদ্ধান্ত গৃহীত হবে। সিদ্ধান্ত গ্রহণের ক্ষমতা থাকার অর্থ হল, দুটি পৃথক সম্ভাব্য কর্মপরম্পরার মধ্যে প্রাগসাধিত কর্মপরম্পরা দ্বারা নির্ধারিত একটিকে গ্রহণ করা। দ্বিতীয় অংশের নাম **স্টোর** বা **ভাণ্ডার**, যেখানে অন্তর্বর্তী ফলাফল সঞ্চিত রাখা যায়। ভাণ্ডারটির ধারণ ক্ষমতা ছিল এক হাজারটি পঞ্চাশ অঙ্কের সংখ্যা। তৃতীয় অংশের নাম **কণ্ট্রোল** বা **নিয়ন্ত্রণ** যা পাঞ্চ কার্ড বা সচ্ছিদ্র কার্ডের সহায়তায় অন্য সকল অংশের কর্মপরিচালনা করবে। চতুর্থ অংশ হল **ইনপুট** বা **অনুপ্রবেশ**, যার কাজ হল সচ্ছিদ্র কার্ডের সাহায্যে বিশ্লেষণী ইনজিনকে তথ্য পরিবেশন করা। পঞ্চম অংশ হল

(5) Charles Babbage.

আউটপুট বা **নির্গম**, যার কাজ হল সাধিত সমস্যার ফল পরিবেশন করা। আউটপুট দুরকমের হতে পারে। এক, ফলাফল সচ্ছিদ্র কার্ডে ধরে রাখা যেতে পারে,—অথবা দুই, সর্বশেষ ফলাফল লাভের জন্য কোন স্বয়ংক্রিয় টাইপ-রাইটার যন্ত্র ব্যবহার করা যেতে পারে।

কোন সমস্যা সমাধানের জন্য যে নির্দেশ পরম্পরার প্রয়োজন তাকে এক কথায় বলা হয় **কমপিউটার প্রোগ্রাম**। বিশ্লেষণী ইনজিনে সচ্ছিদ্র কার্ডের সাহায্যে ইনপুট অংশের মাধ্যমে কমপিউটার প্রোগ্রাম অনুপ্রবেশ করানোর ব্যবস্থা ছিল এবং গণনাকার্য শুরু করার পূর্বে প্রোগ্রামটি স্টোরে সঞ্চিত রাখা হত। উপরন্তু, অন্তর্বর্তী সকল প্রয়োজনীয় ফলাফলই স্টোরে সঞ্চয় করার ব্যবস্থা ছিল। বিশ্লেষণী ইনজিনের এই সবগুলো বিশেষত্বই কিন্তু আধুনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকে বর্তমান।

দুঃখের বিষয়, উনবিংশ শতাব্দীর প্রথমার্ধের কারিগরী বিদ্যার অনগ্রসরতা ও অর্থাভাব,—এই দুই কারণে বিশ্লেষণী ইনজিন ব্যাবাজের জীবদ্দশায় তৈরী হতে পারেনি। প্রায় একশো বছর পরে দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের সময়ে বিশ্লেষণী ইনজিনকে বাস্তবে রূপান্তরিত করা হয়। আমেরিকায় 1944 সালে হারভার্ড মার্ক-1[6] নামে একটি সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক তৈরী হয়। ক্ষেপক তালিকা তৈরি করা এবং কামানের গোলার গতিপথ নির্ণয় করার কাজেই প্রধানত এই যন্ত্রটিকে ব্যবহার করা হত। যন্ত্রগণকটি তৈরি করতে ইলেকট্রো-মেকানিকাল কারিগরী উপায় ব্যবহৃত হয়েছিল। পরবর্তী সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক তৈরী হয় আমেরিকার পেনসিলভানিয়া বিশ্ববিদ্যালয়ে, নাম ইনিয়াক[7]। ইলেকট্রো-মেকানিকাল কারিগরী উপায়ের পরিবর্তে এই যন্ত্রটিতে ইলেকট্রনিক কারিগরী উপায় ব্যবহৃত হয়। ইনিয়াকের গণনার গতি হারভার্ড মার্ক–1 এর তুলনায় অনেক দ্রুত ছিল। এই সময়ে বিখ্যাত গণিতজ্ঞ ফন নয়মান[8] যন্ত্রগণকের উন্নতিকল্পে দুটি মৌলিক প্রস্তাব করেন, যা অনুসরণ করে সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের বিরাট অগ্রগতি সাধিত হয়। একটি প্রস্তাব হল, প্রোগ্রামটিকে (যা হল কতকগুলি সরল নির্দেশের পরম্পরা মাত্র) যন্ত্রটির স্টোরে **দ্বিনিধানী সংখ্যারূপে** সঞ্চিত করা। আর দ্বিতীয় প্রস্তাব হল, যন্ত্রটিকে আরও নমনীয়

(6) Harvard Mark–1. (7) ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator). (8) J. Von Neumann.

করে গঠন করা, যাতে ক্ষেপক তালিকা তৈরী ছাড়াও অন্য কাজে যন্ত্রটিকে নিযুক্ত করা যায়।

ফন নয়মানের ভাব কাজে লাগিয়ে প্রথম যে সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকগুলি বাজারে বিক্রির জন্য তৈরী হয়, তারা হল 'ফেরান্টি মার্ক-1'[9] (ইংলণ্ড 1951 সাল) এবং য়ুনিভ্যাক [10] (আমেরিকার যুক্তরাজ্য 1951 সাল)। এই কমপিউটারগুলিতে প্রচুর সংখ্যক থার্মায়নিক ভাল্‌ভ্ বা তাপীয় ইলেকট্রন কপাটক ব্যবহৃত হয়েছিল। এতে প্রচুর পরিমাণে বৈদ্যুতিক ক্ষমতা ব্যয় হত, আর প্রভূত জায়গার প্রয়োজন হত। অতঃপর কমপিউটার তৈরীতে দ্রুত কারিগরী অগ্রগতি আসে। দ্বিতীয় যুগের কমপিউটারগুলিতে কিছু সলিড-স্টেট-ইলেকট্রনিকস ব্যবহৃত হয়েছিল, যেমন জার্মানিয়াম ডায়োড। তৃতীয় যুগের কমপিউটার হল সম্পূর্ণ সলিড-স্টেট। এতে ট্র্যানজিসটার এবং **চৌম্বক কোর** ব্যবহৃত হয়! আর বর্তমানকালের কমপিউটারে মাইক্রো-ইনটিগ্রেটেড (অণু-সমাকলিত) সলিড-স্টেট ইলেকট্রনিক বর্তনী ব্যবহার করা হচ্ছে। বর্তমানকালে কমপিউটারের গণনার গতি ও নির্ভরযোগ্যতা পূর্বযুগের কমপিউটারের তুলনায় অনেক বেশি। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, তৃতীয় যুগের কমপিউটারে গণনার সময়ের একক, অর্থাৎ একটি যোগ, বিয়োগ, গুণ বা ভাগ ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় সময় পরিমাপ করা হত মাইক্রোসেকেণ্ডে বা অণু-সেকেণ্ডে (=এক সেকেণ্ডের দশলক্ষ ভাগের একভাগ); আর বর্তমানে সময়ের একক হল নানো সেকেণ্ড[11], অর্থাৎ মাইক্রোসেকেণ্ডের হাজার ভাগের একভাগ। কল্পনার সুবিধের জন্য বলা যায় যে, এক নানো সেকেণ্ডে আলোক-রশ্মি প্রায় একফুট দূরত্ব অতিক্রম করে। আলোকের বেগ স্থির নির্দিষ্ট বলে, ভবিষ্যতের কমপিউটারগুলোর গণনার বেগের আর বিশেষ উন্নতি সম্ভব নয়।

কারিগরী বিদ্যার উন্নতির সঙ্গে সঙ্গে কমপিউটারের গণনার বেগ দ্রুত বৃদ্ধি পেয়েছে, এবং সেই সঙ্গে বৃদ্ধি পেয়েছে তার নমনীয়তা। তাই, বলতে গেলে আধুনিক সভ্যতার প্রতিটি ক্ষেত্রে কমপিউটারের প্রয়োগ ও প্রচলন হয়েছে। বিজ্ঞান ও কারিগরী গবেষণা, বাণিজ্য ও শিল্পের বিভিন্ন ক্ষেত্র, প্রতিরক্ষার বিভিন্ন দিক, যেমন ট্যাঙ্ক, গাইডেড মিসাইল, বিভিন্ন ধরনের

---

(9) Ferranti Mark−1. (10) UNIVAC. (11) Nano Second=10^{-9} Second.

ক্ষেপণাস্ত্র, মহাকাশযান, অনুবাদ কার্য, পোষ্ট অফিসের চিঠিপত্র বাছাই, চিকিৎসা বিদ্যায় রোগ নিরূপণ ও হাসপাতালের বিভিন্ন ধরনের প্রয়োগ, দাবা খেলা, সঙ্গীত, এমন কি ক্যামেরা বা খেলার পুতুল তৈরীর ক্ষেত্রেও কমপিউটারের সার্থক প্রয়োগ দেখা যাচ্ছে। বিংশ শতাব্দীর দ্বিতীয়ার্ধকে তাই কমপিউটারের যুগ বলা যায়। গবেষণামূলক বহু জটিল সমস্যা, পঁচিশ বছর আগে যা সমাধানের কথা মানুষ ভাবতে পারত না আজ তা কমপিউটারের কল্যাণে সমাধান করা যাচ্ছে। যে-সব সংস্থার কাজ বিশাল পরিমাণে তথ্য **সংসাধন** করা, কমপিউটারের সাহায্যে তারা অনেক সুষ্ঠুভাবে দক্ষতার সঙ্গে সেই কর্মসাধন করছেন, যার ফলে সেই সংস্থার সামগ্রিক উন্নতি ও বৃদ্ধি ঘটছে, এবং নতুন নতুন কর্মসংস্থানের সম্ভাবনা দেখা দিচ্ছে।

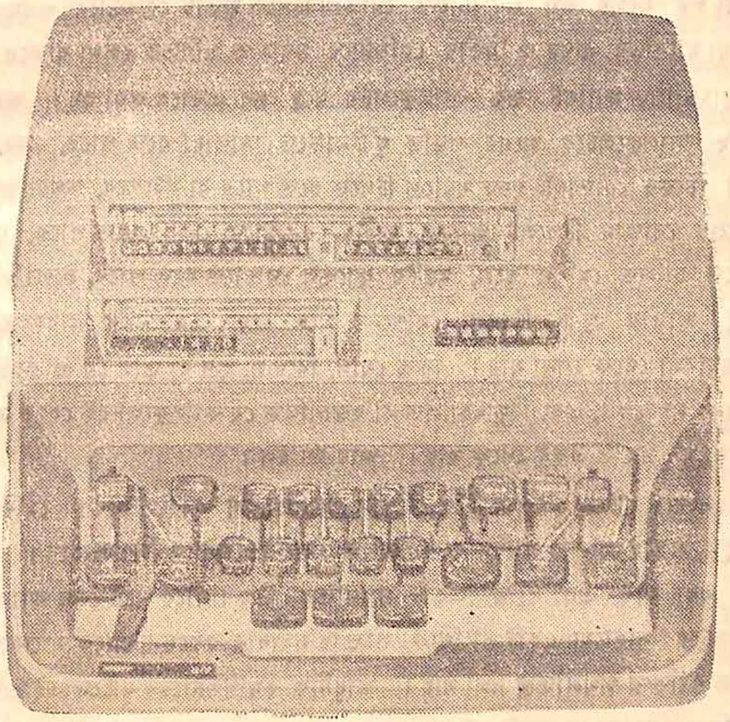
নানাবিধ জটিল ও বিশাল সমস্যার সমাধানকল্পে কমপিউটারের প্রয়োগে দেশের সামগ্রিক মঙ্গল হবে, এটা ভারতবর্ষেও আমরা উপলব্ধি করতে পেরেছি। এই চেতনা থেকে ভারতবর্ষে কিছুকাল ধরে কমপিউটার তৈরীর চেষ্টা চলছে। ইণ্ডিয়ান স্ট্যাটিসটিকাল ইনসটিটিউট ও যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের যৌথ উদ্যোগে তৈরী তৃতীয় যুগের কমপিউটার 'ইসিযু-1'[12] এই প্রচেষ্টার অন্যতম। ভারতবর্ষের অন্যান্য স্থানেও বর্তমানে কমপিউটার তৈরী হচ্ছে।

সমাজের সর্বস্তরে কমপিউটারের ব্যবহার হচ্ছে বলে কমপিউটার সম্বন্ধীয় জ্ঞান সাধারণ নাগরিকের পক্ষেও অপরিহার্য হয়ে পড়েছে। কমপিউটারের সংগঠন, কর্মনীতি বা ব্যবহারের উপায় জানা তাই আবশ্যক। বর্তমান গ্রন্থে এই বিষয়গুলির প্রাথমিক আলোচনা করা হয়েছে।

1.3. ডেস্ক ক্যালকুলেটরের কর্মপদ্ধতি—দ্বিতীয় বিশ্বযুদ্ধের পূর্বে কোন ব্যক্তি **সাংখ্যিক** সমস্যার সমাধান করতেন কাগজ-পেনসিলে, লগারিদমীয় সারণী অথবা একটি **কীবোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটরের** সহায়তায়। সহজ গাণিতিক বা সাংখ্যিক সমস্যার সমাধান আজও এভাবেই করা হয়। ভারতবর্ষেও এ ধরনের ডেস্ক ক্যালকুলেটর বহুল প্রচলিত এবং 'ফ্যাসিট', 'ডিসিএম', 'নেলকো' প্রভৃতি একাধিক সংস্থা এ ধরনের ক্যালকুলেটর তৈরি করছেন। বহু শিক্ষায়তনে নানা প্রকার হিসাবের প্রয়োজনে এরূপ ক্যালকুলেটর ব্যবহৃত হচ্ছে। পরের পৃষ্ঠায় প্রদত্ত 1.1 চিত্রে একটি কীবোর্ড ডেস্ক

(12) ISIJU–1 (Indian Statistical Institute and Jadavpur University-1, 1966).

ক্যালকুলেটর দেখানো হয়েছে, যে যন্ত্রটি দুটি সংখ্যার যোগ, বিয়োগ, গুণ বা ভাগ ক্রিয়ার যে কোনটি প্রতিবারে সম্পাদন করতে পারে। সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের সংগঠন ব্যাখ্যা করার পূর্বে, প্রাসঙ্গিক বলে, আমরা সংক্ষেপে ডেস্ক ক্যাল-



চিত্র 1.1. কীবোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটর

কুলেটরের কর্মপদ্ধতি আলোচনা করছি। এর সাহায্যে কমপিউটারের সংগঠন বোঝার সুবিধে হয়, যদিও এই আলোচনা কোনরূপেই আবশ্যিক নয়।

ডেস্ক ক্যালকুলেটরে টাইপরাইটার যন্ত্রের মত কতকগুলি 'কী' বা বোতাম থাকে যার উপর 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 এই দশটি অঙ্ক লেখা থাকে। এতদ্ব্যতীত, যোগ, বিয়োগ, গুণ, ভাগ ইত্যাদি ক্রিয়া বোঝানোর জন্যও কতকগুলি বোতাম থাকে, যে বোতামের কোন একটি টিপলে বোতামে লিখিত ক্রিয়াটি সাধিত হবে। সাধারণত এতে তিনটি রেজিষ্টার থাকে (চিত্রে I, II ও III

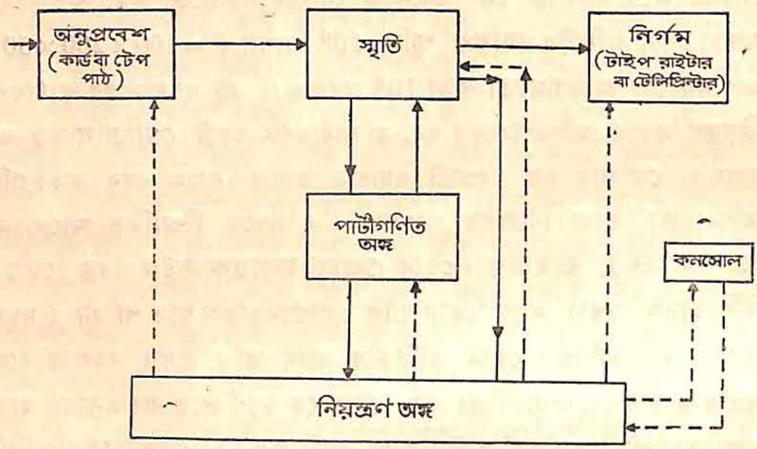
প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত)। উদাহরণস্বরূপ, ধরা যাক 42 এবং 37 সংখ্যা দুটি গুণ করতে হবে। 4 এবং 2 লেখা বোতামগুলি পরপর টিপলেই 42 সংখ্যাটি প্রথম রেজিষ্টারে লিখিত হবে। গুণ করার জন্য গুণ চিহ্ন বিশিষ্ট বোতামটি টিপতে হবে। তারপর 3 ও 7 বোতাম পর পর টিপে 37 সংখ্যাটি লিখতে হবে এবং লব্ধ ফলের জন্য '=' চিহ্নিত বোতাম টিপলে তৃতীয় রেজিষ্টারে গুণফল দেখা যাবে এবং প্রথম ও দ্বিতীয় রেজিষ্টারে গুণক ও গুণিতক লেখা থাকবে। বিদ্যুৎচালিত ফ্যাসিট ডেস্ক ক্যালকুলেটর যন্ত্রে গুণ এভাবে করা হয়। অন্য ডেস্ক ক্যালকুলেটরে গুণের পদ্ধতি খুঁটিনাটিতে আলাদা হতে পারে, যেমন গুণ চিহ্নের বোতামটি হয়ত সর্বাগ্রে টিপতে হতে পারে বা সর্বশেষে, অথবা গুণ চিহ্নের বোতাম টিপলেই গুণফল তৃতীয় রেজিষ্টারে দেখা যেতে পারে, বা হাতে চালিত মেশিন হলে, যন্ত্রটির হ্যাণ্ডেল ঘোরাতে হতে পারে, ইত্যাদি। এই জাতীয় খুঁটিনাটিগুলো মেশিনের সঙ্গে প্রদত্ত মেশিনটির ব্যবহারের নিয়মাবলী থেকে জানা যায়। কিন্তু যোগ, বিয়োগ, গুণ বা ভাগ যে প্রক্রিয়াই হোক না কেন, এবং বিদ্যুৎচালিত বা হস্তচালিত যে ক্যালকুলেটরই হোক না কেন, মূল পদ্ধতি একই থেকে যায়। আর তা হল:

সংখ্যা দুটিকে বোতাম টিপে মেশিনে **অনুপ্রবেশ** করাতে হবে। মেশিন কর্তৃক অভীষ্ট প্রক্রিয়া সাধিত হলে লব্ধ ফল একটি রেজিষ্টারে **নির্গত** হবে।

ধরা যাক এক ব্যক্তি একটি গাণিতিক বীক্ষণাগারে বসে ডেস্ক ক্যাল-কুলেটরের সাহায্যে একটি সাংখ্যিক সমস্যার সমাধান করছেন, যাকে সংক্ষেপে **এক ব্যক্তির গণনাতন্ত্র** বলা যায়। আধুনিক কমপিউটারের দৃষ্টিতে এই এক ব্যক্তির গণনাতন্ত্রকে একটু পর্যবেক্ষণ করা যাক। ধরা যাক, সমস্যাটি সমাধান করতে গিয়ে গণনাতন্ত্রটি দুটি ছয় অঙ্কের সংখ্যা গুণ (একটি প্রতিনিধিমূলক **পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়া**) করছে। সংখ্যা দুটি গণনাতন্ত্রে (অর্থাৎ মেশিনে) **অনুপ্রবেশ** করা ও প্রক্রিয়ালব্ধ ফল **নির্গম** হওয়ার সময় সমেত, গণনাতন্ত্রটি মোটামুটি 20 সেকেণ্ড সময়ে (**ক্রিয়াকাল**) গুণ ক্রিয়াটি সম্পন্ন করে। এই সময়কে আমরা প্রতিনিধিমূলক **ক্রিয়াকাল** বলব। ব্যক্তিটির টেবিলে হাতের কাছে প্রয়োজনীয় তথ্য সম্বলিত কাগজ রয়েছে (**দ্রুতগতি স্মৃতি**) যেখান থেকে তিনি 10^3 সংখ্যার যে কোনটি 10 সেকেণ্ডের মধ্যে বোতাম টিপে মেশিনে অনুপ্রবেশ করাতে পারেন। তথ্য সম্বলিত কাগজটি হাতের সামনে

থাকার দরুণ অভীষ্ট সংখ্যাটি মেশিনচালক দ্রুত খুঁজে বের করতে পারেন এবং প্রয়োজনীয় সময়কে বলা হয় **দ্রুত অভিগম্যতাকাল**। প্রয়োজন অনুযায়ী গাণিতিক বীক্ষণাগারের আলমারীতে রাখা 100 সারণী সংক্রান্ত পুস্তকের মধ্যে কোন একটি তিনি বেছে নিতে পারেন, পুস্তকটির 200 পাতার মধ্যে, এবং প্রতি পাতার 50টি ছয় দশমিক সংখ্যার মধ্যে, কোন একটি খুঁজে নিয়ে, বোতাম টিপে সংখ্যাটি 10^2 সেকেণ্ডে মেশিনে অনুপ্রবেশ করাতে পারেন। আমরা বলব, ব্যক্তিটির **সহায়ক স্মৃতি** 10^6 সংখ্যা ($=100\times200\times50$) এবং **সহায়ক অভিগম্যতা কাল** 10^2 সেকেণ্ড। এই গণনাতন্ত্রের কার্যাবলী **নিয়ন্ত্রণ** করছে মেশিনচালকের মন, যা সাধারণত একটি **প্রোগ্রাম** অনুসরণ করছে। প্রোগ্রাম হল সমস্যাটি সমাধান করতে সক্ষম এমন কতকগুলি মেশিনবোধ্য সরল নির্দেশের পরম্পরা (এ সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা পরে করা হবে), যা ইতিপূর্বে কোন **প্রোগ্রামকারক** কর্তৃক প্রদত্ত হয়েছে। মেশিনচালক অথবা অপর কোন ব্যক্তি প্রোগ্রামকারক হতে পারেন (সহজ প্রোগ্রামের উদাহরণ : কোন তালিকার প্রথম স্তম্ভে প্রদত্ত সংখ্যার সঙ্গে দ্বিতীয় স্তম্ভে প্রদত্ত সংখ্যাটি গুণ কর, গুণফলকে চতুর্থ স্তম্ভে প্রদত্ত সংখ্যা দ্বারা ভাগ কর এবং ভাগফল তৃতীয় স্তম্ভে প্রদান কর)। মেশিনচালক প্রতিটি ক্রিয়া মেশিনের সামনে বসে সম্পাদন করছেন, এবং প্রোগ্রাম অনুযায়ী কাজ করতে গিয়ে কোথাও কোন অসুবিধা হলে, তিনি সঙ্গে সঙ্গে তা জানতে পারছেন। প্রোগ্রাম অনুযায়ী কাজ করতে অনেক সময় নানারকমের অসুবিধে দেখা দেয়। উদাহরণস্বরূপ, ভাগ করতে গিয়ে দেখা যেতে পারে যে 0 দিয়ে ভাগ করতে হচ্ছে, বা কোথাও হয়ত একটি সংখ্যার বর্গমূল গ্রহণ করতে হবে যে সংখ্যাটি ঋণাত্মক, বা এমনও হতে পারে যে, যে কাগজে তিনি ফলাফল লিখে রাখছিলেন, সে কাগজটি ফুরিয়ে গেল, ইত্যাদি। এরূপ অসুবিধে হলে প্রোগ্রামে যদি বিশদ করে বলা নাও থাকে, তাহলে মেশিনচালক তাঁর বিবেচনা অনুযায়ী কাজ করবেন এবং অসুবিধের কারণ খুঁজে বের করতে পারবেন। সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের ক্ষেত্রে কিন্তু এ ধরনের অসুবিধে হলে কি করতে হবে তা বিশদভাবে আগে থাকতে বর্ণনা করতে হবে, কারণ যন্ত্রগণকের কোন বিবেচনাশক্তি নেই। গণনা শুরু করার পূর্বেই, প্রোগ্রামের মাধ্যমে, প্রতিটি খুঁটিনাটি বিষয় সতর্কতার সঙ্গে যন্ত্রগণককে বলে দিতে হবে।

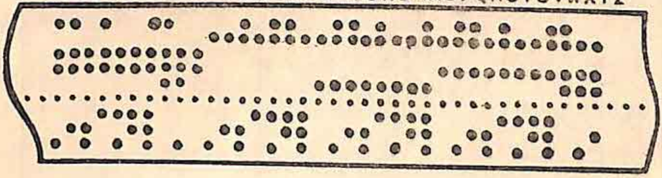
1.4. যন্ত্রগণকের সংগঠন—সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের কর্ম প্রধানত পাঁচটি **অঙ্গ** বা **উপাংশের** দ্বারা সাধিত হয়। অঙ্গগুলি হল (ক) **ইনপুট** বা **অনুপ্রবেশ,** (খ) **মেমরি** বা **স্মৃতি,** (গ) **পাটীগণিত,** (ঘ) **কনট্রোল** বা **নিয়ন্ত্রণ** এবং (ঙ) **আউটপুট** বা **নির্গম**। বিভিন্ন অঙ্গগুলির মধ্যে পারস্পরিক সম্বন্ধ নিম্নে প্রদত্ত চিত্রে (চিত্র 1.2) দেখানো হয়েছে। উপরোক্ত অঙ্গগুলির



চিত্র 1.2. কমপিউটারের **কার্মিক** অঙ্গগুলির পরস্পর সম্বন্ধ। অবিচ্ছিন্ন রেখা দ্বারা তথ্য প্রবাহ সূচিত হয়, আর ভগ্নরেখাগুলি নিয়ন্ত্রণ ইঙ্গিত সূচিত করে।

মধ্যে অনুপ্রবেশ ও নির্গম অঙ্গদ্বয়ের দ্বারা বাইরের জগতের সঙ্গে কমপিউটারের যোগাযোগ স্থাপিত হয়। কোন সমস্যাকে কমপিউটারের দ্বারা সমাধান করতে হলে সমস্যাটিকে কতকগুলি সরল কমপিউটারবোধ্য নির্দেশের পরম্পরা বা এক কথায়, প্রোগ্রামরূপে প্রকাশ করতে হয়। অনুপ্রবেশ অঙ্গের দ্বারা প্রোগ্রামটি কমপিউটারে অনুপ্রবিষ্ট হয়। প্রোগ্রামটি কমপিউটারে অনুপ্রবেশ করানোর ক্রিয়াকে সংক্ষেপে **রিডিং** বা **পঠন** বলে (ভাবা হয়, কমপিউটার যেন প্রোগ্রামটি পাঠ করছে)। পঠন ক্রিয়ার জন্য কমপিউটারের ব্যবস্থা অনুযায়ী, প্রথমে **ছিদ্রণযন্ত্রের** সাহায্যে কতকগুলি **পাঞ্চ** বা **ছিদ্রকার্ডে** বা **কাগজের টেপে** প্রোগ্রামটিকে লিখে ফেলা হয়। কোন একটি সংখ্যা বা অক্ষরকে একটি নির্দিষ্ট **ছিদ্রগুচ্ছ** দ্বারা সাংকেতিক উপায়ে রূপায়িত করা হয়।

ছিদ্রণযন্ত্র দেখতে অনেকটা টাইপরাইটার যন্ত্রের মত। ছিদ্রণযন্ত্রে কোন অঙ্ক বা অক্ষর চিহ্নিত বোতাম টিপলে ঐ অঙ্ক বা অক্ষরের জন্য নির্দিষ্ট ছিদ্রগুচ্ছ কার্ডে বা

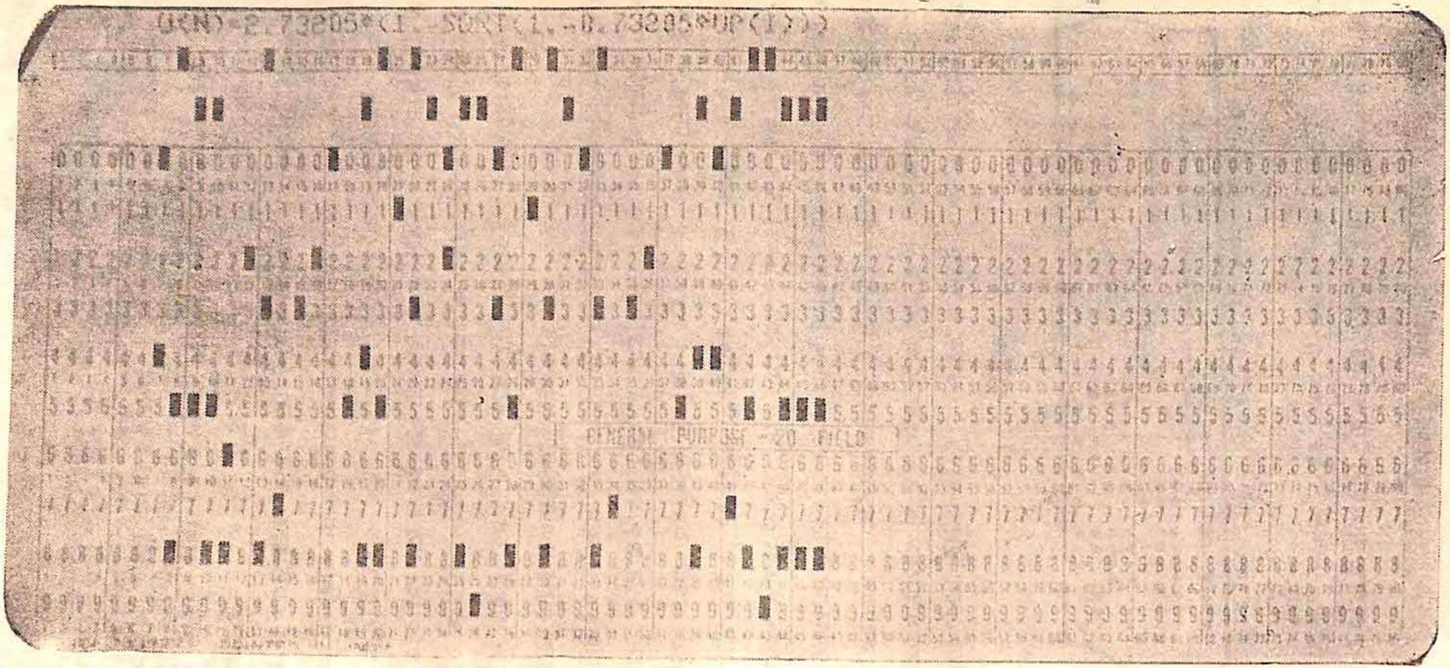


কাগজের টেপ

কাগজের টেপে ছিদ্রিত হবে। এভাবে, কতকগুলি কার্ডে বা টেপে প্রোগ্রামটি ছিদ্রযন্ত্রের সাহায্যে ছিদ্রিত করলে আমরা বলি প্রোগ্রামটি কার্ডে বা টেপে লিখে ফেলা হল। অনুপ্রবেশ অঙ্গে ফটোটিউব যুক্ত ইলেকট্রনিক বর্তনী থাকে, যাদের সাহায্যে ছিদ্রিত কার্ডে বা টেপে লিখিত প্রোগ্রামটি সরাসরি স্মৃতি অঙ্গে গিয়ে পৌঁছায় এবং সেখানে সঞ্চিত থাকে। চিত্র 1.3 এ একটি ছিদ্রিত কার্ড দেখানো হয়েছে। যে নির্দেশটি ছিদ্রিত হয়েছে তা কার্ডটিতে ছাপা রয়েছে।

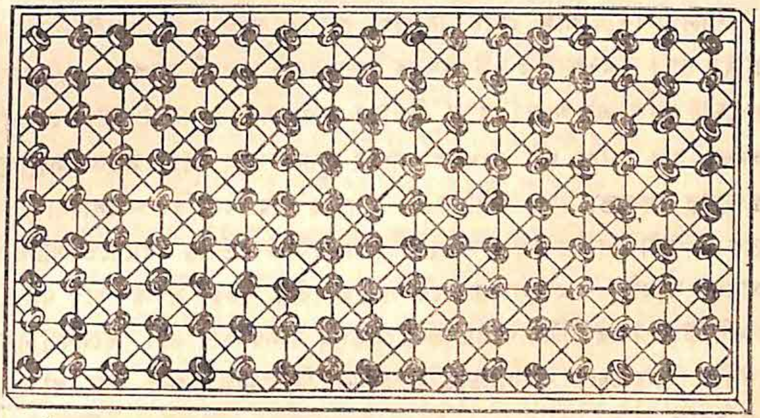
স্মৃতি অঙ্গটি কমপিউটারের প্রাণকেন্দ্রস্বরূপ। কমপিউটার কর্তৃক সমস্যা সমাধানের কাজ শুরু হওয়ার পূর্বে প্রয়োজনীয় সকল তথ্য ও নির্দেশ স্মৃতি অঙ্গে অনুপ্রবিষ্ট হওয়া চাই। পরবর্তী কোন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় তথ্য ও নির্দেশ স্মৃতি অঙ্গ থেকে কমপিউটার নিয়ে নেবে।

স্মৃতি অঙ্গটি বহুসংখ্যক **স্মৃতিকোঠায়** বিভক্ত। কমপিউটার ভেদে স্মৃতি-কোঠার সংখ্যার তফাৎ হয়,—তবে অনেক কমপিউটারে স্মৃতিকোঠার সংখ্যা বত্রিশ হাজারের মত। স্মৃতিকোঠাগুলি স্মৃতি অঙ্গে পর পর সাজানো থাকে। একটি স্মৃতিকোঠাকে অপর একটি স্মৃতিকোঠা থেকে স্বতন্ত্ররূপে চিনবার জন্য স্মৃতিকোঠাগুলিকে পর পর কতকগুলি নম্বর দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। কোন একটি নম্বর দ্বারা একটি মাত্র স্মৃতিকোঠা নির্দিষ্ট হয় এবং ঐ নম্বরকে স্মৃতিকোঠাটির **ঠিকানা** বলে। একটি স্মৃতিকোঠায় কোন একটি সংখ্যা বা তথ্য, অথবা নির্দেশ সঞ্চিত রাখা যেতে পারে, যাদের এক কথায় **শব্দ** বলে। একটি স্মৃতিকোঠায় একটি মাত্র শব্দ সঞ্চয় করা যায় এবং শব্দটি ততক্ষণই সঞ্চিত থাকবে যতক্ষণ না নতুন কোন শব্দ সেখানে রাখা হচ্ছে। স্মৃতিকোঠায় নতুন



চিত্র 1.3

শব্দ ঢোকানোর সঙ্গে সঙ্গে পুরানো শব্দটি ধ্বংস হয়ে যায়, এবং নতুন শব্দটিই শুধু টিঁকে থাকে। চৌম্বক স্মৃতি নিম্নের চিত্রে দেখানো হল।



চৌম্বক স্মৃতি

সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের একটি বিশেষত্ব হল, কোন সমস্যা সমাধানকল্পে রচিত প্রোগ্রামটি **দ্বিনিধানী সংখ্যা**[13] রূপে স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চিত রাখা হয়। প্রোগ্রামটিতে সংখ্যা, তথ্য বা নির্দেশ যাই থাকুক না কেন—সব কিছুই দ্বিনিধানী সংখ্যার রূপে স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চিত হবে। নির্দেশগুলিও দ্বিনিধানী সংখ্যা হওয়ায় কমপিউটারের পাটীগণিতীয় অঙ্গ নির্দেশগুলি থেকে যোগ, বিয়োগ ইত্যাদি প্রক্রিয়ার সাহায্যে নতুন নির্দেশ সৃষ্টি করতে পারে। চিত্র 1.2 থেকে দেখা যাচ্ছে, কোন তথ্য স্মৃতি অঙ্গ থেকে অন্যান্য অঙ্গে—যেমন, পাটীগণিতীয় অঙ্গ,

(13) দ্বিনিধানী সংখ্যা সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা ষষ্ঠ অধ্যায়ে করা হয়েছে। কোন সংখ্যা N-কে যদি

$$N = \sum_{n} Q_n \times B^n$$

রূপে প্রকাশ করা হয়, যেখানে n পূর্ণসংখ্যা, তবে B হল সংখ্যাটির **নিধান বা ভিত্তি**। দশমিক সংখ্যার ক্ষেত্রে নিধান $B = 10$, আর সহগ $Q_1, Q_2, \cdots$ গুলি 0, 1, 2,...9-এর মধ্যে কোন একটি। যখন নিধান $B=2$, এবং সহগগুলি 0 অথবা 1, তখন সংখ্যাটিকে **দ্বিনিধানী সংখ্যা** বলা হয়। যেমন, দ্বিনিধানী $1011 = 1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0 = 8+0+2+1 = 11$.

নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ বা নির্গম অঙ্গে যায়। পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার দ্বারা লব্ধ ফলাফল, যা পরবর্তী কোন ক্রিয়ায় প্রয়োজন হতে পারে, স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত রাখা হয়।

পাটীগণিতীয় অঙ্গে যোগ, বিয়োগ, গুণ ও ভাগ—এই চারটি প্রক্রিয়া সাধিত হয়। এতদ্ব্যতীত দুটি সংখ্যার মধ্যে একটি অপরটি অপেক্ষা বড়, সমান বা ছোট তাও এই অঙ্গের দ্বারা নির্ধারণ করা সম্ভব। কমপিউটারের এই ক্ষমতা, যার দ্বারা দুটি সংখ্যার মানের তুলনা করা যায়, **সহজ সিদ্ধান্ত গ্রহণের ক্ষমতা** নামে পরিচিত। এ সম্বন্ধে পরে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে। পাটীগণিতীয় অঙ্গ কতকগুলি ইলেকট্রনিক বর্তনীর সমাবেশে গঠিত। আমরা সারণীর সাহায্যে যেভাবে পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সম্পন্ন করে থাকি, কমপিউটার কিন্তু পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সেভাবে সম্পন্ন করে না। ইলেকট্রনিক বর্তনীর সাহায্যে কমপিউটার উপরোক্ত ক্রিয়াগুলি সম্পন্ন করে থাকে। বর্তনীগুলি বুলীয় অ্যালজেব্রার নিয়ম অনুসারে কাজ করে। ষষ্ঠ অধ্যায়ে এ সম্বন্ধে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে। চিত্র 1.2 থেকে দেখা যায়, স্মৃতি অঙ্গ থেকে প্রয়োজনীয় তথ্য পাটীগণিতীয় অঙ্গে নিয়ে আসা হয় এবং ক্রিয়ার শেষে পাটীগণিতীয় অঙ্গ থেকে অন্তর্বর্তী ফলাফল বা তথ্য পুনরায় স্মৃতি অঙ্গে ফিরে যায়।

প্রোগ্রাম অনুযায়ী সমস্যাটির সামাধান হওয়ার পর নির্গম অঙ্গের দ্বারা লব্ধ ফলাফল নির্গত হয়। টাইপরাইটার বা টেলিপ্রিণ্টার জাতীয় যন্ত্রের দ্বারা নির্গম অঙ্গ গঠিত। ফলাফল বিভিন্নরূপে নির্গত হতে পারে, যেমন, ছিদ্র কার্ডে বা কাগজের টেপে ফলাফল লেখা হতে পারে অথবা টেলিপ্রিণ্টার যন্ত্রের সাহায্যে ফলাফল ছাপা হয়ে বেরিয়ে আসতে পারে। চিত্র 1.2 থেকে দেখা যায় ফলাফল স্মৃতি অঙ্গ থেকে নির্গম অঙ্গে যায়।

সমগ্র কমপিউটারের কর্মপরিচালনার দায়িত্ব নিয়ন্ত্রণ অঙ্গের। চিত্র 1.2তে ভগ্নরেখাগুলি নিয়ন্ত্রণ ইঙ্গিত সূচিত করে। ঐ চিত্র থেকে দেখা যায় নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ অপর সকল অঙ্গেই ইঙ্গিত পাঠাতে পারে। প্রোগ্রাম চলাকালে প্রয়োজন অনুযায়ী বিভিন্ন অঙ্গকে বিভিন্ন কাজ করতে বলা বা বিভিন্ন অঙ্গের মধ্যে তথ্য ঠিকমত সঞ্চালিত করা নিয়ন্ত্রণ অঙ্গের কাজ। সাংকেতিক ভাষায় প্রোগ্রামটি স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চিত হওয়ার পর, তার অর্থ উদ্ধার করার কাজও

নিয়ন্ত্রণ অঙ্গের। কমপিউটার স্বয়ংক্রিয়ভাবে কাজ করে। কোন পর্যায়ে তার কাজ থামিয়ে যোগাযোগ স্থাপন করা বা ছোটখাট পরিবর্তন করা যায় **কনসোল** অঙ্গের সাহায্যে।

উপরের আলোচনা থেকে বোঝা যায় ব্যাবাজের বিশ্লেষণী ইনজিনের সঙ্গে আধুনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণকের বহুলাংশে ভাবগত সাদৃশ্য রয়েছে। ব্যাবাজ ইনজিনের মিলের স্থলে আধুনিক কমপিউটারে রয়েছে পাটীগণিতীয় অঙ্গ। আর স্টোরের আধুনিক নাম হল মেমরি বা স্মৃতি। ব্যাবাজ অবশ্য দ্বিনিধানী সংখ্যার রূপে প্রোগ্রামটি স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চয় করার কথা ভাবেননি।

1.5. যন্ত্রগণকের সাহায্যে সমস্যা সমাধানের প্রস্তুতি—কমপিউটারের সাহায্যে কোন সমস্যার সমাধান করতে হলে কিছু প্রস্তুতির প্রয়োজন হয়, কারণ বেশির ভাগ সমস্যাই এমন হয়, যা কমপিউটার সরাসরি গ্রহণ করতে পারে না। কোন সমস্যা কমপিউটারের সাহায্যে সমাধানের নিমিত্ত নিম্নে বর্ণিত ছয়টি ধারা অনুযায়ী অগ্রসর হতে হয়ঃ

1. সমস্যাটি প্রথমে যত্নসহকারে বিশ্লেষণ করে একটি **কলনবিধি** রচনা করতে হবে। যে সরল নির্দেশের পরম্পরা দ্বারা কোন সমস্যার সমাধান করা যায়, তাকে ঐ সমস্যা সমাধানের একটি কলনবিধি বলে। লক্ষ্য করার বিষয় যে, একটি সরল নির্দেশ দ্বারা একটি মাত্র কর্ম সাধন করতে বলা হয় এবং নির্দেশ পরম্পরা অনুযায়ী কর্মগুলি সাধন করা হলে সমস্যাটির সমাধান হয়ে যায়। উল্লেখযোগ্য যে, কোন সমস্যা সমাধানের জন্য একটি কলনবিধি পাওয়া গেলে, আরও একাধিক ভিন্ন কলনবিধি পাওয়া যেতে পারে।

2. কলনবিধিটিকে অতঃপর **প্রবাহচিত্র** রূপে প্রকাশ করা হয়। কলনবিধির চিত্ররূপকে প্রবাহচিত্র বলে। কোন্ পরম্পরা অনুযায়ী কার্যগুলি সাধিত হবে, প্রবাহচিত্রের সাহায্যে তা খুব পরিষ্কারভাবে চোখের সামনে দেখতে পাওয়া যায়। যে কার্যগুলি সাধন করতে হবে তাদের পরস্পর সম্বন্ধ প্রবাহচিত্রের সাহায্যে দেখা যায়।

3. প্রবাহচিত্রে প্রদর্শিত নির্দেশ পরম্পরাগুলি অতঃপর কোন কমপিউটার-বোধ্য ভাষায় **কোড** বা **সংকেতাবদ্ধ** করা হয়। এই সংকেতাবদ্ধ নির্দেশ পরম্পরাকে **কমপিউটার প্রোগ্রাম** বলে।

4. অতঃপর কমপিউটার প্রোগ্রামটি প্রয়োজনীয় তথ্য সহযোগে কোন

কমপিউটারে, অনুপ্রবেশ অঙ্গের ব্যবস্থা অনুযায়ী অনুপ্রবেশ করানো হয়। এই উদ্দেশ্যে প্রোগ্রামটি কতকগুলি ছিদ্রকার্ডে বা কাগজের টেপে লিখে ফেলতে হবে এবং অনুপ্রবেশ অঙ্গে ঢোকাতে হবে। কমপিউটার অনুযায়ী অনুপ্রবেশ অঙ্গের ব্যবস্থা বা রীতি পৃথক,—যেমন কোন কমপিউটার হয়ত ছিদ্রকার্ড গ্রহণ করে না অথবা কোন কমপিউটার হয়ত কাগজের টেপ গ্রহণ নাও করতে পারে। তাই যে কমপিউটারে প্রোগ্রামটি সমাধানের নিমিত্ত নিয়ে যাওয়া হবে, সেই কমপিউটারের ব্যবস্থা অনুযায়ী প্রোগ্রামটি ছিদ্রিত করে লিখতে হবে।

5. কমপিউটার অতঃপর নির্দেশ পরম্পরা অনুযায়ী কাজ করে এবং যদি লব্ধ ফলাফল ছাপার জন্য প্রোগ্রামে কোন নির্দেশ থাকে তবে ফলাফল ছেপে নির্গত করে।

6. সর্বশেষে, লব্ধ ফলাফল যত্ন সহকারে, বিচার করে দেখা হয় তাতে কোন ভ্রান্তি রয়ে গেল কিনা। এরূপ ভ্রান্তি নিরসনের প্রচেষ্টা খুবই প্রয়োজনীয়, কারণ কলনবিধিতে বা সংকেতাবদ্ধ করার কালে নানারকমের ভ্রান্তি ঘটে যাওয়া সম্ভব। সক্রিয় চেষ্টা ব্যতীত এরূপ ভ্রান্তি দূর হয় না।

এবার দেখা যাক, একটি কলনবিধিকে কমপিউটার কিভাবে কর্মে রূপান্তরিত করে। উপরে বর্ণিত তৃতীয় ধারায় বলা হয়েছে কলনবিধিটি কমপিউটারবোধ্য ভাষায় সংকেতাবদ্ধ করা হয়। নির্দেশ পরম্পরাগুলি ব্যবহৃত যন্ত্রগণকের ব্যবস্থা অনুযায়ী কতকগুলি কার্ডে বা টেপে লেখা হয়, অর্থাৎ ছিদ্রিত করা হয়। কার্ডগুলি (বা টেপ) পরপর সাজিয়ে তথ্য সমন্বিত কার্ড সহযোগে অনুপ্রবেশ অঙ্গে ঢোকানো হয়। নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ প্রোগ্রামটি পাঠ করে এবং স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চিত রাখে। এই সময়ে কিন্তু তথ্য কার্ড পাঠ করা হয় না। প্রোগ্রামটি স্মৃতি অঙ্গে সঞ্চিত হওয়ার পর কমপিউটার পরম্পরা অনুযায়ী একটি একটি করে নির্দেশগুলি কর্মে রূপান্তরিত করতে থাকে। প্রত্যেকটি নির্দেশ একে একে নিয়ন্ত্রণ অঙ্গে নিয়ে আসা হয় এবং অর্থোদ্ধার করা হয়। যদি কোন নির্দেশে তথ্য কার্ড পাঠ করতে বলা থাকে তবে অনুপ্রবেশ অঙ্গটিকে নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ চালু করে এবং তথ্য পাঠ করা হয়। যদি কোন নির্দেশে কোন পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়া, যেমন গুণ প্রক্রিয়া সাধনের নির্দেশ থাকে তবে পাটীগণিতীয় অঙ্গটি চালু হয়। যদি দুটি সংখ্যার তুলনা করার ফলে স্বাভাবিক

নির্দেশের পরম্পরার পরিবর্তন করা প্রয়োজন হয়, তবে স্মৃতি অঙ্গ থেকে নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ উপযুক্ত নির্দেশটি সংগ্রহ করে নিয়ে আসে। সমস্ত নির্দেশগুলি কর্মে রূপান্তরিত হয়ে গেলে এবং নির্দেশ দেওয়া থাকলে নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ, নির্গম অঙ্গকে চালু করে এবং ফলাফল কাগজে ছাপে অথবা কার্ডে ছিদ্রিত করে। সর্বশেষে, কমপিউটার থামার নির্দেশ পেলে কমপিউটারটি থেমে যায়।

1.6. মেশিনভাষা ও প্রক্রিয়াভাষা—ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, প্রবাহচিত্রকে কমপিউটারবোধ্য ভাষায় নির্দেশের পরম্পরা অনুযায়ী সংকেতাবদ্ধ করতে হয়। কমপিউটারে ব্যবহারযোগ্য কোন একটি মূল নির্দেশ এমন হওয়া চাই যা কমপিউটার কর্তৃক কোন্ ক্রিয়া সম্পাদন করতে হবে তা পরিষ্কার করে এবং বিশদভাবে বলবে। এজন্য প্রয়োজনীয় তথ্য কোন্ স্মৃতিকোঠা থেকে নিতে হবে তা বলে দিতে হবে, অর্থাৎ তথ্যের ঠিকানা বলতে হবে। উপরন্তু ক্রিয়াটি সম্পাদন হওয়ার পর ফলাফল কোথায় অর্থাৎ কোন্ স্মৃতি-কোঠায় সঞ্চয় করতে হবে, তাও বলতে হবে। এতদ্ব্যতীত, অনুপ্রবেশের জন্য কি উপায় অর্থাৎ কার্ড না টেপ ব্যবহৃত হবে তা বলতে হবে এবং অনুরূপভাবে নির্গমের উপায় সম্বন্ধেও বলতে হবে। আলোচ্য নির্দেশ দ্বিনিধানী (অথবা অষ্টকী) সংখ্যারূপে সংকেতাবদ্ধ করতে হবে। ভিন্ন ভিন্ন যন্ত্রগণকে একই নির্দেশের সংকেতাবদ্ধ রূপ বিভিন্ন হতে পারে, কারণ সংকেতগুলি আলাদা হতে পারে। দ্বিনিধানী বা অষ্টকী সংখ্যারূপে কোন একটি বিশেষ যন্ত্রগণকের জন্য সংকেতাবদ্ধ প্রোগ্রামকে **মেশিনভাষার প্রোগ্রাম** বলে।

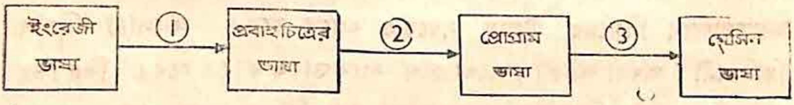
মেশিনভাষায় প্রোগ্রাম রচনা অতিশয় জটিল ব্যাপার, কারণ সেক্ষেত্রে, প্রতিটি নির্দেশ কর্মে রূপান্তরিত হওয়ার ফলে বিভিন্ন স্মৃতিকোঠায় যে পরিবর্তন হচ্ছে তার হিসাব রাখতে হবে। উপরন্তু, মেশিনভাষার নির্দেশগুলি কেবলমাত্র কতকগুলি সংখ্যার পরম্পরা হওয়ার ফলে ইংরেজি ভাষা বা অপর কোন স্বাভাবিক ভাষার সঙ্গে তাদের কোন মিল নেই। কাজেই এই ধরনের প্রোগ্রাম রচনা বা তার ভ্রান্তি নিরসন দুরূহ ব্যাপার।

আজকাল কিন্তু প্রোগ্রাম রচনার জন্য মেশিনভাষা ছাড়াও অন্য ভাষা ব্যবহার করা যায়, যা শেখা খুব সহজ এবং যার সঙ্গে ইংরেজি ভাষা ও সাধারণ বীজগণিতের মিল আছে। এ ধরনের ভাষাকে **প্রক্রিয়াভাষা** বা

প্রোগ্রামভাষা বলে। যেমন, **ফরট্রান, অ্যালগল, পাসকাল,** ইত্যাদি। যাঁরা প্রোগ্রাম রচনা করা নতুন শিখছেন বা যাঁদের বৃত্তি প্রোগ্রাম রচনা করা, তাঁদের প্রায় সকলেই আজকাল কোন-না-কোন প্রোগ্রামভাষা বা প্রক্রিয়াভাষা ব্যবহার করছেন। বিশেষজ্ঞরাই প্রধানত আজকাল মেশিনভাষা ব্যবহার করেন।

প্রক্রিয়াভাষায় লেখা প্রোগ্রামকে **উৎস প্রোগ্রাম** বলা হয়। উৎস প্রোগ্রামকে বিশেষজ্ঞদের দ্বারা লিখিত অপর একটি প্রোগ্রামের সাহায্যে মেশিনভাষায় অনুবাদ করা হয়। অনুবাদের দ্বারা লব্ধ মেশিনভাষার প্রোগ্রামকে **মেশিন-প্রোগ্রাম** বলা হয়। যে প্রোগ্রামের দ্বারা অনুবাদকার্য সাধিত হয়, তাকে **সংকলক** বলে। (সংকলক শব্দের পরিবর্তে **ভাষা সংসাধক** শব্দও চালু আছে।)

ইংরেজি ভাষায় লেখা কলনবিধি থেকে মেশিনভাষার প্রোগ্রাম লাভ করার পর্যায়গুলি নিম্নের ছবিতে (চিত্র 1.4) দেখানো হয়েছে :



চিত্র 1.4. কলনবিধি ও মেশিনভাষার অন্তর্বর্তী পর্যায়

পরবর্তী অধ্যায়গুলিতে আমরা দেখতে পাব (2) চিহ্নিত পর্যায় প্রায় যান্ত্রিক। যে সমস্যা নিয়ে আলোচনা করা হচ্ছে, সে সম্বন্ধে কিছু না জেনেও, প্রবাহচিত্র দেওয়া থাকলে সুনির্দিষ্ট নিয়ম মেনে তার থেকে প্রক্রিয়াভাষার প্রোগ্রাম পাওয়া যায়। আর, (3) চিহ্নিত পর্যায় সম্পূর্ণ যান্ত্রিক এবং সংকলকের সাহায্যে কমপিউটার নিজেই সেই কার্য সাধন করে। কমপিউটার কর্তৃক প্রক্রিয়াভাষা থেকে মেশিনভাষায় অনুবাদের কাজকে **সংকলন** বলা হয়।

প্রক্রিয়াভাষার মধ্যে **ফরট্রান** IV ভাষাটি বহুল প্রচলিত এবং বর্তমান পুস্তকে এই ভাষায় সহজ প্রোগ্রাম রচনা করা বিষয়ে আলোচনা করা হবে। আমরা দেখতে পাব ফরট্রান IV ভাষার সঙ্গে প্রবাহচিত্রের ভাষার খুব মিল আছে। আজকাল ভারতবর্ষে যে-সব ইলেকট্রনিক সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক আছে, তাদের বেশির ভাগ যন্ত্রেই এই ভাষায় প্রোগ্রাম রচনা করা যায়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

কলনবিধি ও প্রবাহচিত্র

2.1. কলনবিধি—যন্ত্রগণকের সাহায্যে কোন সমস্যার সমাধান করতে হলে সর্বাগ্রে একটি **অ্যালগরিদম** বা **কলনবিধির** প্রয়োজন। ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, কোন সমস্যার কলনবিধি হল, সেই সমস্যা সমাধানকারী সরল নির্দেশের পরম্পরা। কোন সমস্যার বিচার ও বিশ্লেষণের দ্বারা সমস্যাটি সমাধানের কলনবিধি লাভ করা যায়। পূর্বেই বলা হয়েছে, কোন সমস্যা সমাধানের একাধিক কলনবিধি থাকতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, ধরা যাক কোন একটি রাশি x-এর মান প্রদত্ত আছে। সমস্যা হল, x^2-এর মান নির্ণয় করতে হবে। যেহেতু x কে x দ্বারা গুণ করলে x^2-এর মান পাওয়া যায়, কাজেই এক্ষেত্রে x^2-এর মান নির্ণয়ের কলনবিধি হল :

x কে x দ্বারা একবার গুণ কর। (1)

যদি x^5-র মান নির্ণয় করতে হয়, তবে কলনবিধি হবে :

(i) x কে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
(ii) লব্ধ গুণফলকে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
(iii) লব্ধ গুণফলকে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
(iv) লব্ধ গুণফলকে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
লব্ধ গুণফলই x^5-এর মান। (2)

উপরের উদাহরণগুলিতে, 'x কে x দ্বারা একবার গুণ কর' বিবৃতিটি একটি সরল **নির্দেশ** সূচিত করে। পাটীগণিতের সঙ্গে যাঁদের পরিচয় আছে, তাঁরা সকলেই বিবৃতিটির অর্থ স্পষ্টভাবে বুঝতে পারবেন। বিবৃতিটিতে একটি পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সাধনের নির্দেশ দেওয়া হয়েছে। এখানে একটিমাত্র

ক্রিয়া সম্পন্ন করার কথা স্পষ্টভাবে বলা হয়েছে। এইরূপ বিবৃতি, যা একটি-মাত্র ক্রিয়া সম্পন্ন করার কথা স্পষ্টভাবে বলে, তাকে **সরল নির্দেশ** বলা হয়। পর পর কতকগুলি সরল নির্দেশের সমন্বয়ে একটি **সরল নির্দেশ পরম্পরার** সৃষ্টি হয়। উপরে আলোচিত দ্বিতীয় উদাহরণে, (i), (ii), (iii), (iv)—এই চারটি সরল নির্দেশ মিলে একটি সরল নির্দেশ পরম্পরার সৃষ্টি করেছে। অতঃপর 'নির্দেশ' শব্দটির দ্বারা শুধুমাত্র সরল নির্দেশই বোঝানো হবে। নির্দেশ পরম্পরার ক্ষেত্রে নির্দেশগুলির ক্রম বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ, এবং যে ক্রমানুসারে নির্দেশগুলি দেওয়া হয়েছে সেই ক্রমানুসারে নির্দেশগুলি পালন করতে হবে,—তার অন্যথা হলে চলবে না।

উপরের দ্বিতীয় উদাহরণে, প্রথমে (i), তারপরে (ii), এবং তারপর (iii), এবং তারপর (iv) নির্দেশটি পালন করলে, সমস্যাটির সমাধান, এক্ষেত্রে x^5-এর মান, লাভ করা যাবে। এই ক্রমের পরিবর্তন করা চলবে না। (i), (ii), (iii), (iv) ক্রমে প্রদত্ত নির্দেশ পরম্পরাই এক্ষেত্রে নির্ণেয় কলনবিধি।

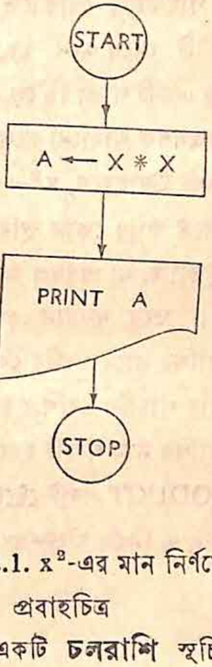
লক্ষ্য করার বিষয়, x^5-এর মান একটু অন্যভাবেও নির্ণয় করা যায়। যেমন, বিকল্প কলনবিধি :

(i) x কে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
(ii) লব্ধ গুণফলকে লব্ধ গুণফল দ্বারা একবার গুণ কর ; (3)
(iii) লব্ধ গুণফলকে x দ্বারা একবার গুণ কর ;
লব্ধ গুণফলই x^5-এর মান।

লক্ষ্য করার বিষয় যে বিকল্প কলনবিধিতে (i), (ii), (iii)—এই তিনটি নির্দেশের প্রয়োজন হচ্ছে। পূর্বের কলনবিধির তুলনায় এই কলনবিধিতে একটি কম নির্দেশের প্রয়োজন। এই বিবেচনায় বিকল্প কলনবিধিটি শ্রেয়তর। সাধারণত দেখা যায়, কোন সমস্যা সমাধানের জন্য একটি কলনবিধি পাওয়া গেলে, অপর একটি বিকল্প কলনবিধিও পাওয়া যায়।

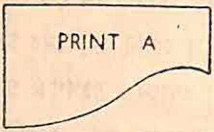
2.2. প্রবাহচিত্র—কলনবিধির চিত্ররূপ হল **প্রবাহচিত্র**। প্রবাহচিত্রের সাহায্যে কলনবিধিটি চোখের সামনে স্পষ্টরূপে প্রতিভাত হয়। এর ফলে কলনবিধির মর্মোদ্ধার করতে সুবিধে হয়। প্রবাহচিত্র রচনার রীতি উদাহরণের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হচ্ছে। x^2-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র 2.1 চিত্রে দেখানো হয়েছে।

প্রবাহচিত্রে নির্দেশগুলি বেষ্টনী দ্বারা আবদ্ধ করে লিখতে হয়। বেষ্টনী দ্বারা আবদ্ধ নির্দেশগুলি তীর চিহ্ন দ্বারা সংযুক্ত। বেষ্টনীগুলির আকৃতি বিভিন্ন এবং বেষ্টনীটি কিরূপ হবে তা নির্ভর করে নির্দেশের উপর। চিত্রটির শুরুতে এবং শেষে গোলাকার বেষ্টনীর মধ্যে START এবং STOP শব্দ দুটি লেখা রয়েছে। START এবং STOP প্রতীক দুটি দেখে কোন মেশিনের চালু করা ও থামানোর সুইচ বা বোতামের কথা মনে হয়। এখানেও যন্ত্রগণক চালু করা ও থামানোর কথা মনে রেখে, প্রতীকদ্বয় ব্যবহার করা হয়েছে। প্রোগ্রামবিধিতে সর্বত্র বড় হাতের রোমান হরফ ব্যবহৃত হয়। সেইজন্য এখানেও রোমান হরফ ও ইংরেজি শব্দ ব্যবহার করা হয়েছে। '*' প্রতীক দ্বারা গুণ ক্রিয়া বোঝায় এবং পরবর্তী অধ্যায়-গুলিতে ফরট্রান প্রোগ্রামবিধি আলোচনার সময় গুণ ক্রিয়া বোঝাতে এই প্রতীক ব্যবহৃত হবে। সুতরাং, এখানেও আমরা একই প্রতীক ব্যবহার করছি। START নির্দেশের পরে একটি আয়তাকার বেষ্টনী বা বাক্সের মধ্যে |A ← X * X| নির্দেশটি রয়েছে। বেষ্টনীর মধ্যে তীর চিহ্নের দ্বারা একটি **অ্যাসাইনমেণ্ট ইন্‌সট্রাকসন** বা **আরোপ নির্দেশ** বোঝায় এবং আরোপ নির্দেশ সর্বদা এরূপ আয়তাকার বেষ্টনীর মধ্যে লেখা হবে। A কোন একটি **চলরাশি** সূচিত করে। চলরাশি সম্বন্ধে পরে বিস্তারিত আলোচনা করা হবে। চলরাশি বলতে আমরা এমন একটি রাশি বুঝি যার মান কোন পাটীগণিতীয় ক্রিয়া বা অন্য কোন ক্রিয়ার ফলে পরিবর্তিত হতে পারে। |A←X*X| নির্দেশ দ্বারা বোঝায় X*X অর্থাৎ x^2-এর মান, চলরাশি Aকে আরোপ করা হল। এই নির্দেশের ফলে চলরাশি A-এর পূর্বতন মান লোপ পায় অর্থাৎ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় এবং A-এর বর্তমান মান হয় x^2। পুনরায় Aকে নতুন কোন মান আরোপ না



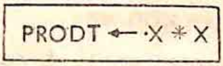
চিত্র 2.1. x^2-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

করা পর্যন্ত এই মান বহাল থাকবে। সুতরাং, আরোপ নির্দেশ ধ্বংসাত্মক। লক্ষ্য করার বিষয়, প্রদত্ত সমস্যাটিতে কোথাও A-এর উল্লেখ নেই, চলরাশি x-এরই কেবল উল্লেখ আছে। সমস্যাটি সমাধানে সহায়তা করছে বলে Aকে **সহায়ক চলরাশি** বলা হয়। পরবর্তী

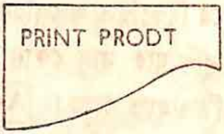


নির্দেশ দ্বারা A-এর মান, অর্থাৎ নির্ণেয় গুণফল, ছেপে বেরিয়ে আসবে। এটি একটি **নির্গম নির্দেশ**। নির্গম নির্দেশ দ্বারা সূচিত ক্রিয়াটি আরোপ ক্রিয়া থেকে আলাদা এবং সেই পার্থক্যটুকু বোঝাতে একটু আলাদা ধরনের বেষ্টনী ব্যবহৃত হয়েছে। বেষ্টনীটি দেখে মনে হয়, যেন কোন টেলিপ্রিণ্টার বা লাইনপ্রিণ্টার যন্ত্র থেকে একটি পাতা ছিঁড়ে নেওয়া হয়েছে। সমস্যাটির সমাধান হয়ে যাওয়ার পর যন্ত্রগণক থামানো হচ্ছে STOP নির্দেশ দ্বারা।

এই উদাহরণে, x^2-এর মান A চলরাশিকে আরোপ করা হয়েছে। A-এর পরিবর্তে অপর কোন সুবিধাজনক নামও ব্যবহার করা চলত। যেমন B, C, D ইত্যাদি, বা গুণফল জ্ঞাপক ইংরেজি শব্দ PRODUCTও ব্যবহার করা চলে। তবে, ফরট্রান প্রোগ্রামবিধি অনুযায়ী (পরে আলোচিত হবে) কোন চলরাশির নামে ছয়টির বেশি হরফ থাকা চলবে না ; কোন কোন যন্ত্রগণকে আবার পাঁচটির বেশি হরফ থাকা নিয়ম বহির্ভূত। তাই গোড়া থেকেই চলরাশির নাম পাঁচটি হরফে সীমাবদ্ধ রাখার অভ্যাস করা ভাল। সেক্ষেত্রে PRODUCT শব্দটি ছেঁটে সংক্ষেপে PRODT লেখা চলে। তখন, আরোপ নির্দেশ ও নির্গম নির্দেশদ্বয় হবে, যথাক্রমে



এবং

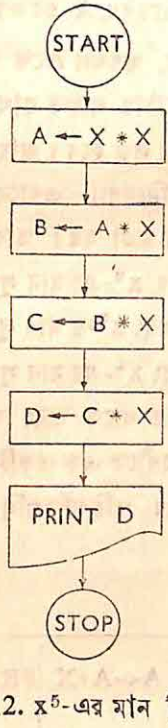


লক্ষণীয় যে প্রবাহচিত্র রচনায় ইংরেজি বড় হাতের হরফই শুধুমাত্র ব্যবহার করা হচ্ছে। তার কারণ, প্রায় সব কমপিউটারেই ইংরেজি বড় হাতের

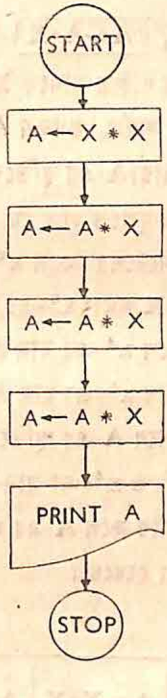
হরফ হল অনুমোদিত হরফ। বাংলা হরফ চলে এমন কোন কমপিউটার এখনও সৃষ্টি হয়নি এবং সম্ভবত অদূর ভবিষ্যতেও হবে না। ইংরেজি হরফ ব্যবহারে কতকগুলি সুবিধা থাকায়, মনে হয়, সর্বত্র ইংরেজি হরফ বা শব্দই চলবে।

পরবর্তী অধ্যায়ে আমরা দেখতে পাব, প্রত্যেক চলরাশির নামের জন্য কমপিউটার একটি করে স্মৃতিকোঠা স্থির নির্দিষ্ট করে রাখে। সেই স্মৃতিকোঠায় চলরাশিটির মান সঞ্চিত রাখা হয়।

অনুরূপে, x^5-এর মান নির্ণয়কারী কলনবিধি (2)-এর প্রবাহচিত্র হল চিত্র 2.2.



চিত্র 2.2. x^5-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র



চিত্র 2.3. একটিমাত্র সহায়ক চলরাশির সাহায্যে x^5-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এক্ষেত্রে A, B, C ও D—এই চারটি সহায়ক চলরাশির সাহায্য গ্রহণ করা হয়েছে। এই চারটি চলরাশির জন্য কমপিউটার চারটি পৃথক স্মৃতিকোঠা

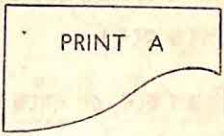
নির্দিষ্ট করে রাখবে, যেখানে চলরাশিগুলির মান সঞ্চিত রাখা হবে। A-এর জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় x^2-র মান রাখা হবে, B-এর স্মৃতিকোঠায় (অর্থাৎ B-এর জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায়) থাকবে x^3-এর মান, C-এর স্মৃতিকোঠায় থাকবে x^4-এর মান এবং D-এর স্মৃতিকোঠায় থাকবে x^5-এর মান। এই প্রবাহচিত্র অনুযায়ী সমস্যাটির সমাধানে (চারটি সহায়ক চলরাশির জন্য) চারটি স্মৃতিকোঠার প্রয়োজন। আমরা ইচ্ছে করলে অন্তর্বর্তী ফলগুলি x^2, x^3 ও x^4-এর মান এবং ফলাফল একই সহায়ক চলরাশির স্মৃতিকোঠায় রাখতে পারতাম। 2.3. চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।

এখানে, | A←A*X | নির্দেশ দ্বারা বোঝানো হয়েছে যে, A-এর জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানকে X-এর মান দ্বারা গুণ করে, গুণফল Aকে আরোপ করতে হবে, অর্থাৎ, গুণফল A-এর জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত রাখা হবে; এই ক্রিয়ার দ্বারা A-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত প্রাক্তন মান লুপ্ত হবে। আয়তাকার বেষ্টনী দেখে বুঝতে হবে যে, এটি একটি আরোপ নির্দেশ। এখানে প্রথম আরোপ নির্দেশের ফলে x^2-এর মান Aকে আরোপ করা হয়। তার পরের নির্দেশে A*X অর্থাৎ x^3-এর মান Aকে আরোপ করা হয়, x^2-এর মান লুপ্ত হয়। পরের নির্দেশে x^4-এর মান Aকে আরোপ করা হয়, এবং x^3-র মান লুপ্ত হয়। পরের নির্দেশে x^5-এর মান Aকে আরোপ করা হয় এবং x^4-এর মান লুপ্ত হয়, অর্থাৎ সর্বশেষে A-এর স্মৃতিকোঠায় x^5-এর মান সঞ্চিত থাকে এবং অন্তর্বর্তী ফল x^2, x^3 ও x^4-এর মান লোপ পায়। নিম্নের সারণীতে এক একটি নির্দেশ সাধিত হওয়ার ফলে A-এর জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় যে পরিবর্তনগুলি হচ্ছে, তা দেখানো হয়েছে।

সাধিত নির্দেশ	A←X*X	A←A*X	A←A*X	A←A*X	PRINT A
A-এর স্মৃতি-কোঠায় সঞ্চিত মান	x^2	x^3	x^4	x^5	x^5

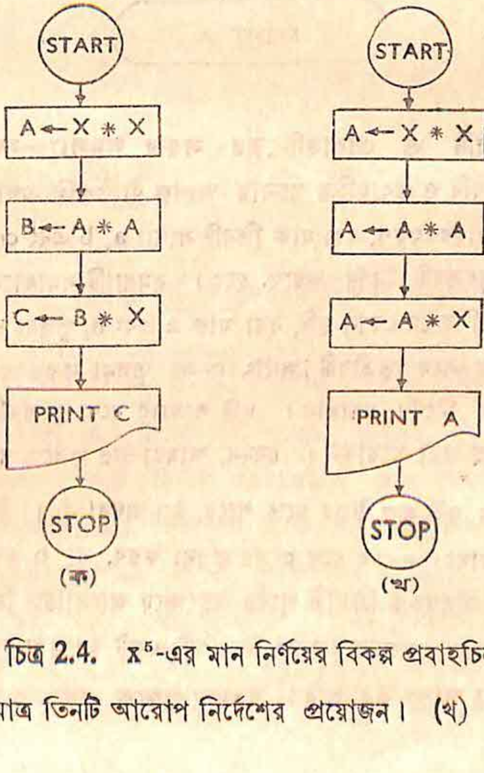
সারণী 2.1 নির্দেশ পরম্পরা সাধনের ফলে A-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানের পরিবর্তনের সারণী ।

লক্ষণীয় যে নির্গম নির্দেশ



সাধনের ফলে A-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানের কোন পরিবর্তন হয় না।

অনুরূপভাবে, x^5-এর মান নির্ণয়ের বিকল্প কলনবিধি (3)-এর প্রবাহচিত্র হল :

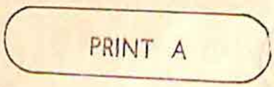


চিত্র 2.4. x^5-এর মান নির্ণয়ের বিকল্প প্রবাহচিত্র

এক্ষেত্রে মাত্র তিনটি আরোপ নির্দেশের প্রয়োজন। (খ) চিত্রে অন্তর্বর্তী

ফলাফল একই সহায়ক চলরাশি Aকে আরোপ করা হয়েছে। সুতরাং অন্তর্বর্তী ফলাফল লোপ পেয়ে সর্বশেষে x^5–এর মান অবশিষ্ট থাকবে। 2.3 চিত্রের তুলনায় 2.4 চিত্রে একটি নির্দেশ কম লাগে। (ক) চিত্রের তুলনায় (খ) চিত্রে দুটি স্মৃতিকোঠা কম লাগে। এই বিবেচনায় (খ) প্রবাহচিত্রটি শ্রেয়তর। যদি অন্তর্বর্তী ফল x^2 ও x^4-এর মান ভবিষ্যতে প্রয়োজন লাগে, তবে সেক্ষেত্রে (ক) প্রবাহচিত্রটি উপযুক্ত হবে।

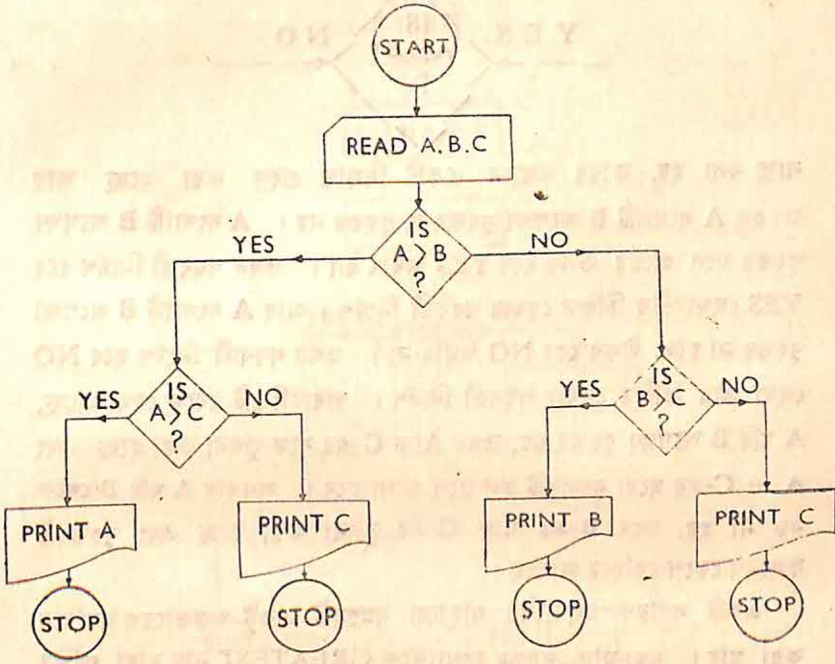
বেষ্টনীগুলির আকৃতি কিরূপ হবে, সে সম্বন্ধে বাঁধাধরা কোন নিয়ম নেই। তবে, বেশির ভাগ লেখকরা সাধারণত যে রীতি মেনে চলেন, তাই আমরা উপরে ব্যবহার করেছি। যেমন, অনেকে হয়ত নির্গম নির্দেশ বোঝাতে নিম্নে প্রদত্ত বেষ্টনীটি ব্যবহার করতে পারেন, বর্তমান পুস্তকে আমরা কেবলমাত্র ইতিপূর্বে আলোচিত রীতিই ব্যবহার করব।



2.3. কলনবিধি ও প্রবাহচিত্রের সহজ সমস্যা—সহজ সমস্যার সাহায্যে কলনবিধি ও প্রবাহচিত্র রচনার অন্যান্য রীতিগুলি এখানে আলোচনা করা হবে। উদাহরণস্বরূপ, ধরা যাক তিনটি সংখ্যা a, b এবং c প্রদত্ত আছে; এদের মধ্যে বৃহত্তমটি নির্ণয় করতে হবে। সমস্যাটি সমাধানের জন্য প্রথমে আমরা সংখ্যাগুলির যে-কোন দুটি, ধরা যাক a এবং b, তুলনা করব; তাদের মধ্যে বৃহত্তরটির সঙ্গে তৃতীয়টি অর্থাৎ c-এর তুলনা করব এবং এদের মধ্যে বৃহত্তরটিই হবে নির্ণেয় সমাধান। দুটি সংখ্যার মধ্যে বৃহত্তরটি নির্ণয় করতে হলে, একটি প্রশ্ন করা প্রয়োজন। যেমন, আমরা প্রশ্ন করতে পারি $a>b$?

এই প্রশ্নের দুটি মাত্র উত্তর হতে পারে, হ্যাঁ অথবা না। উত্তরটির উপর নির্ভর করবে আমরা a-এর সঙ্গে c-এর তুলনা করব, না b-এর সঙ্গে c-এর তুলনা করব। প্রশ্নসূচক ক্রিয়াটি পূর্বের অনুচ্ছেদে আলোচিত ক্রিয়াগুলি থেকে আলাদা। সেজন্য প্রশ্নসূচক ক্রিয়ার নির্দেশটি একটু আলাদা ধরনের আকৃতি-বিশিষ্ট বেষ্টনীতে আবদ্ধ করা হবে। বর্তমান পুস্তকে, প্রশ্নসূচক ক্রিয়ার নির্দেশ

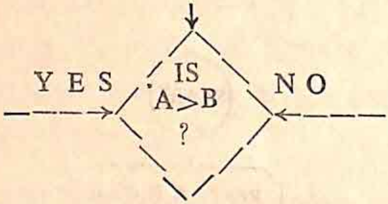
একটি বরফীর আকৃতিবিশিষ্ট বেষ্টনীর দ্বারা আবদ্ধ করা হবে। আলোচ্য সমস্যাটি সমাধানের প্রবাহচিত্র 2.5 চিত্রে প্রদত্ত হল।



চিত্র 2.5. তিনটি সংখ্যার বৃহত্তমটি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এখানে **READ A, B, C** নির্দেশটি একটি অনুপ্রবেশ নির্দেশ। এই নির্দেশের দ্বারা **A, B** ও **C** সংখ্যা তিনটির মান কমপিউটার পাঠ করবে এবং তিনটি নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় মান তিনটি সঞ্চয় করে রাখবে। পূর্বে আলোচিত ক্রিয়াগুলি থেকে এই ক্রিয়াটি আলাদা এবং বেষ্টনীটিও একটু আলাদা, একটি আয়তকার বেষ্টনীর থেকে একটা কোণা যেন কেটে বাদ দেওয়া হয়েছে। বেষ্টনীটি দেখতে অনেকাংশে একটা ছিদ্রকার্ডের মত। অনেক কমপিউটারে ছিদ্রকার্ডের সাহায্যে তথ্য অনুপ্রবেশ করানো হয়ে থাকে; তাই এখানেও অনুপ্রবেশ

ক্রিয়ার জন্য এই আকৃতির বেষ্টনী গ্রহণ করা হয়েছে। পরবর্তী নির্দেশ একটি প্রশ্নসূচক ক্রিয়া বোঝায়। বরফী আকৃতির এই বেষ্টনীকে **সিদ্ধান্ত**



বাক্স বলা হয়, কারণ এখানে একটি সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা হচ্ছে আর তা হল A সংখ্যাটি B অপেক্ষা বৃহত্তর বা বৃহত্তর নয়। A সংখ্যাটি B অপেক্ষা বৃহত্তর হলে প্রশ্নের উত্তর হবে YES অর্থাৎ হ্যাঁ। তখন পরবর্তী নির্দেশ হবে YES লেখা তীর চিহ্নিত রেখায় পরবর্তী নির্দেশ। আর A সংখ্যাটি B অপেক্ষা বৃহত্তর না হলে, উত্তর হবে NO অর্থাৎ না। তখন পরবর্তী নির্দেশ হবে NO লেখা তীর চিহ্নিত রেখায় পরবর্তী নির্দেশ। প্রবাহচিত্রটি থেকে দেখা যাচ্ছে, A যদি B অপেক্ষা বৃহত্তর হয়, তখন Aকে C-এর সঙ্গে তুলনা করা হচ্ছে এবং A ও C-এর মধ্যে বৃহত্তরটি ফল রূপে ছাপা হবে। অন্যথায় A যদি B থেকে বড় না হয়, তবে B-এর সঙ্গে C-এর তুলনা করা হচ্ছে এবং বৃহত্তরটি ফলরূপে ছেপে বেরিয়ে আসছে।

একটি সহায়ক চলরাশির সাহায্যে সমস্যাটি একটু অন্যভাবেও সমাধান করা যায়। ধরা যাক, বৃহত্তম সংখ্যাটিকে GREATEST নাম দ্বারা সূচিত করা হল। নামটির সংক্ষিপ্ত রূপ GRTST ধরা হল। প্রথমে A সংখ্যাটির মান GRTSTকে আরোপ করা হল। তারপর GRTST-এর সঙ্গে B সংখ্যাটি তুলনা করা হল এবং সংখ্যাদ্বয়ের মধ্যে বৃহত্তরটিকে পুনরায় GRTST বলা হল। সর্বশেষে, GRTST-এর সঙ্গে C-এর তুলনা করে, নির্ণেয় ফল লাভ করা যায়। প্রবাহচিত্রটি 2.6 চিত্রে দেখানো হল।

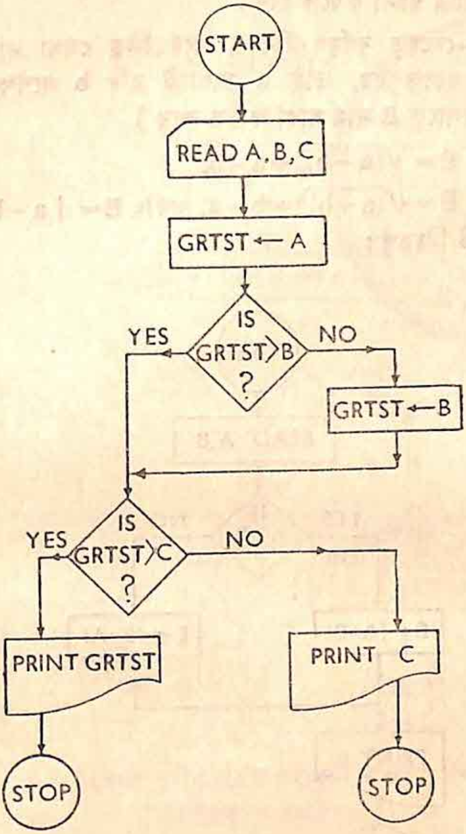
এখানে প্রথম আরোপ নির্দেশ অনুযায়ী সহায়ক চলরাশি GRTST-এর মান হবে A-এর মান। প্রবাহচিত্রটিতে দেখা যাচ্ছে,

GRTST>B ?

প্রশ্নটির উত্তর NO অর্থাৎ না হলে, B সংখ্যার মান GRTSTকে আরোপ করা হয়

GRTST←B

আরোপ নির্দেশ দ্বারা। এই নির্দেশ সাধনের ফলে GRTST-এর প্রাক্তন মান (অর্থাৎ A) লোপ পায়। কাজেই YES অথবা NO,—যে শাখাতেই



চিত্র 2.6. সহায়ক চলরাশির সাহায্যে তিনটি সংখ্যার বৃহত্তমটি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

যাওয়া হোক না কেন, A ও B-এর মধ্যে বৃহত্তরটির মান GRTST-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত হল। অতঃপর GRTST-এর সঙ্গে C-এর তুলনা করে নির্ণেয় ফল লাভ করা যায়।

লক্ষ্য করার বিষয় যে, বিকল্প প্রবাহচিত্র 2.6-এ মাত্র দুটি সিদ্ধান্ত বাক্সের প্রয়োজন হয়েছে, যেখানে পূর্বের প্রবাহচিত্র 2.5-এ তিনটি সিদ্ধান্ত বাক্সের প্রয়োজন। এই দিক থেকে বিবেচনা করলে বিকল্প প্রবাহচিত্র 2.6 শ্রেয়তর।

উদাহরণ :

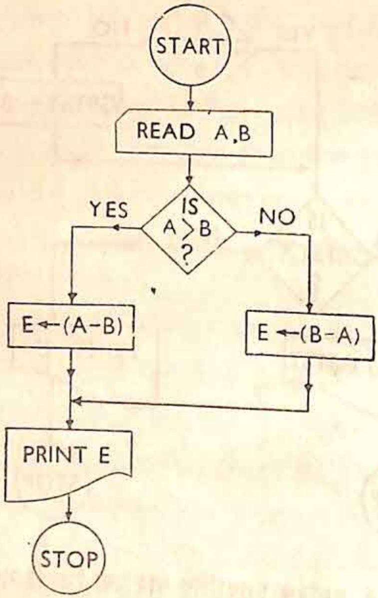
1. a এবং b-এর মান প্রদত্ত আছে ; $\sqrt{(a-b)^2}$ রাশিমালার মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

সমাধান—যেহেতু বর্গমূল চিহ্নের পূর্বে কিছু লেখা না থাকলে সর্বদা ধনাত্মক চিহ্ন ধরতে হয়, তাই a সংখ্যাটি যদি b অপেক্ষা বড় হয়, তবে (প্রদত্ত রাশিমালাকে E নাম দ্বারা সূচিত করে)

$$E=\sqrt{(a-b)^2}=a-b,$$

অন্যথায়, $E=\sqrt{(a-b)^2}=b-a$, অর্থাৎ $E=|a-b|$.

প্রবাহচিত্রটি নিম্নরূপ :



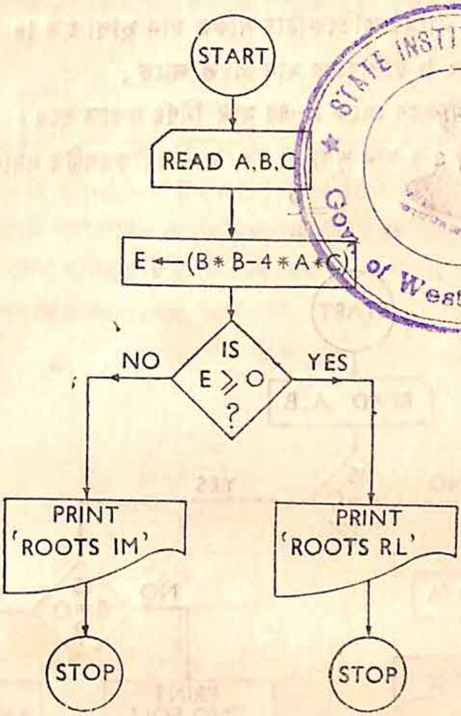
চিত্র 2.7. $|a-b|$ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

লক্ষণীয় যে এখানে সর্বত্র a, b ইত্যাদির পরিবর্তে বড় হাতের হরফ A, B ব্যবহৃত হয়েছে।

2. a, b এবং c-এর মান প্রদত্ত আছে ; $ax^2+bx+c=0$ সমীকরণটির সমাধান বাস্তব রাশি কিনা, তা নির্ণয় করার প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

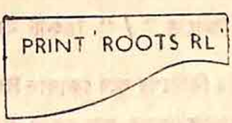
সমাধান—আমরা জানি দ্বিঘাত সমীকরণের সমাধান বাস্তব রাশি হতে

হলে $b^2-4ac \geqslant 0$ হবে। কাজেই, প্রশ্ন দ্বারা জানতে হবে সম্বন্ধটি সত্য কিনা। প্রবাহচিত্রটি নিম্নরূপ :

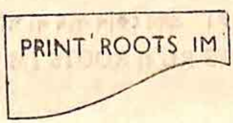


চিত্র 2.8. দ্বিঘাত সমীকরণের সমাধান বাস্তব রাশি কিনা নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এক্ষেত্রে **RL** এবং **IM** শব্দ দুটি ইংরেজি **REAL** অর্থাৎ বাস্তব এবং **IMAGINARY** অর্থাৎ অবাস্তব শব্দদ্বয়ের সংক্ষিপ্ত রূপ। নির্গম নির্দেশ



এবং



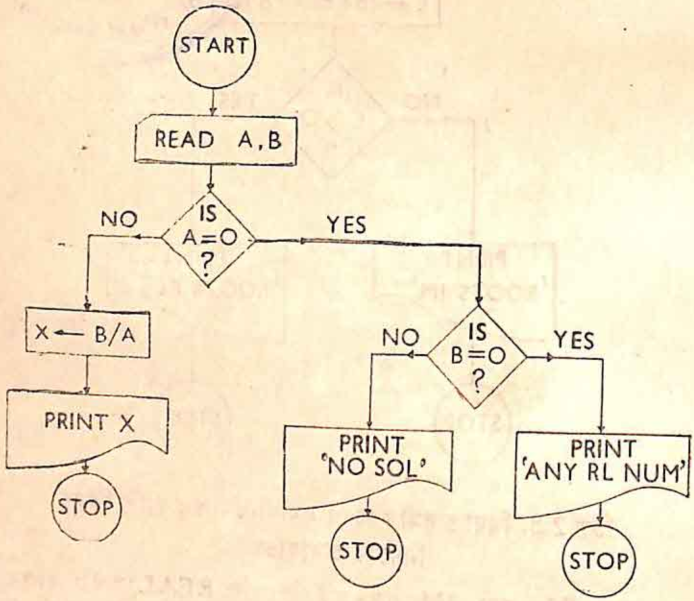
দ্বারা যথাক্রমে ROOTS RL এবং ROOTS IM বাক্য দুটি ছাপা হবে অর্থাৎ উদ্ধৃতি চিহ্নের ভিতরের লেখাটি অবিকল ছাপা হবে ; উদ্ধৃতি চিহ্ন দুটি না দিলে অসুবিধে হবে, কারণ সেক্ষেত্রে ROOTS RL এবং ROOTS IM নামের স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মান ছাপা হত।*

3. a এবং b রাশিদ্বয়ের মান প্রদত্ত আছে ;

ax = b সমীকরণ থেকে x-এর মান নির্ণয় করতে হবে।

সমাধান—যদি a-র মান শূণ্য না হয়, তবে সমীকরণটির সমাধান :

$$x = \frac{b}{a}$$



চিত্র **2.9. ax = b** চিত্র সমীকরণ সমাধানের প্রবাহচিত্র।
ভাগ ক্রিয়া বোঝাতে " / " চিহ্নটি ব্যবহার করা হয়েছে।

*এই উদাহরণে যেহেতু নির্গম নির্দেশের পূর্বে কোথাও ROOTS RL বা ROOTS IM নাম ব্যবহার করা হয়নি, তাই এক্ষেত্রে এদের জন্য কোন স্মৃতিকোঠা নির্দিষ্ট নেই—সুতরাং এদের কোন মান কোথাও সঞ্চিত নেই। এমন কোন নাম না পাওয়া গেলে কমপিউটার নিজের থেকে থেমে যাবে। উপরন্তু ROOTS RL বা ROOTS IM নামে সাতটি করে অক্ষর থাকায় নাম দুটি নিয়মবহির্ভূত।

যদি a-র মান শূন্য হয় এবং b-এর মান শূন্য না হয়, তবে x-এর কোন মানের জন্যই সমীকরণটি সিদ্ধ হবে না এবং সমীকরণটির কোন সমাধান থাকবে না।

যদি a-র মান শূন্য হয় এবং b-র মানও শূন্য হয়, তবে x-এর মান যে বাস্তব সংখ্যাই হোক না কেন, সমীকরণটি সিদ্ধ হবে। ক্ষেত্র তিনটি আমরা নিম্নরূপে লিখিতে পারি :

(i) $a \neq 0, \quad x = \frac{b}{a}$

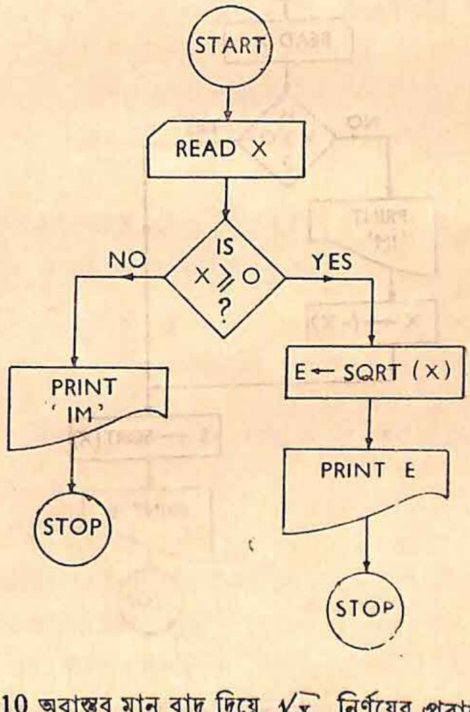
(ii) $a = 0,\ b \neq 0$, NO SOLUTION বা সংক্ষেপে NO SOL.

(iii) $a = 0,\ b = 0,\ x =$ ANY REAL NUMBER বা সংক্ষেপে ANY RL NUM. সমস্যাটি সমাধানের প্রবাহচিত্র 2.9 চিত্রে দেখানো হয়েছে :

4. x-এর মান প্রদত্ত থাকলে $\sqrt{x}$ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

সমাধান—যদি x ঋণাত্মক সংখ্যা হয়, তবে

$$E = \sqrt{x}$$



চিত্র 2.10 অবাস্তব মান বাদ দিয়ে $\sqrt{x}$ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র।

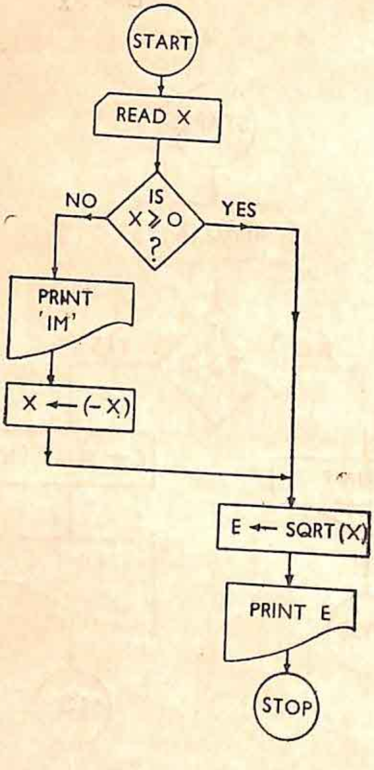
রাশিটি IMAGINARY অর্থাৎ অবাস্তব। কেবল $x \geqslant 0$ হলেই E-র মান একটি বাস্তব রাশি হয়। এক্ষেত্রে অবাস্তব রাশিটি বাদ দিয়ে, প্রবাহচিত্র 2.10 চিত্রে দেখানো হয়েছে।

যদি $x \geqslant 0$ হয়, তবে SQRT (X) দ্বারা x-এর বর্গমূল বোঝায়। বেশিরভাগ কমপিউটারের অভ্যন্তরে বিশেষ প্রোগ্রামের সাহায্যে বর্গমূল নির্ণয়ের ব্যবস্থা থাকে এবং, E←SQRT(X) নির্দেশ দ্বারা, সেই প্রোগ্রামের সাহায্যে x-এর বর্গমূল নির্ণয় করা হবে ও লব্ধ মান Eকে আরোপ করা হবে।

যদি x ঋণাত্মক হয়, তবে $(-x)$ ধনাত্মক এবং সেক্ষেত্রে

$E = \sqrt{-(-x)} = i\sqrt{(-x)}$, যেখানে $i = \sqrt{-1}$ সূচিত করে।

কোন কোন গাণিতিক প্রয়োগে এই অবাস্তব মানটিরও প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে প্রবাহচিত্রটি নিম্নরূপে রচনা করা যেতে পারে:



চিত্র 2.11 অবাস্তব মান সহ $\sqrt{x}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এখানে, $x<0$ বোঝানোর জন্য IM অর্থাৎ অবাস্তব শব্দটি ছাপা হবে এবং তারপর $\sqrt{(-x)}$-এর মান ছাপা হবে।

প্রশ্নমালা : 2ক

1. x-এর মান প্রদত্ত আছে ; $|x|$ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর। বলা আছে, সংজ্ঞানুসারে

$$|x| = \begin{cases} x, & x>0 \\ 0, & x=0 \\ -x, & x<0. \end{cases}$$

2. কোন আয়তক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল S এবং এক বাহুর দৈর্ঘ্য a হলে অপর বাহুর দৈর্ঘ্য নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

3. কোন রোগীর শরীরের উত্তাপ ফারেনহাইটে পরিমাপ করে T^{o} দেখা গেল। উত্তাপকে সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করার প্রবাহচিত্র রচনা কর।

4. a, b ও x-এর মান প্রদত্ত হলে $\sqrt{ax+b}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহ-চিত্র রচনা কর।

5. a, b, c, d এবং x-এর মান প্রদত্ত হলে

$$\frac{ax+b}{cx+d}$$

রাশিটির মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

6. a, b, c, d এবং x-এর মান প্রদত্ত হলে

$$\sqrt{\frac{ax+b}{cx+d}}$$

নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

7. কোন ত্রিভুজের বাহুগুলির মান a, b এবং c হলে cos A-এর মান হল

$$\cos A = \frac{b^2+c^2-a^2}{2bc}.$$

cos A-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

8. a, b, c-র মান প্রদত্ত হলে

$$ax^2+bx+c=0$$

সমীকরণটির সমাধান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

9. a, b, c কোন ত্রিভুজের তিনটি বাহুর দৈর্ঘ্য। ত্রিকোণমিতি থেকে জানা যায় ত্রিভুজটির ক্ষেত্রফল Δ-এর মান হল

$$\Delta = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)} \text{ যেখানে } s=\tfrac{1}{2}(a+b+c).$$

a, b, c-এর মান প্রদত্ত হলে, ত্রিভুজটির ক্ষেত্রফল নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

10. ত্রিকোণমিতি থেকে জানা যায়, কোন ত্রিভুজের বাহুগুলির দৈর্ঘ্য a, b, c এবং b বাহুর বিপরীত কোণ B হলে, B কোণের মান নিম্নের সূত্র থেকে নির্ণয় করা যায়,

$$\tan\frac{B}{2} = \sqrt{\frac{(s-a)(s-c)}{s(s-b)}}, \text{ যেখানে } s=\tfrac{1}{2}(a+b+c).$$

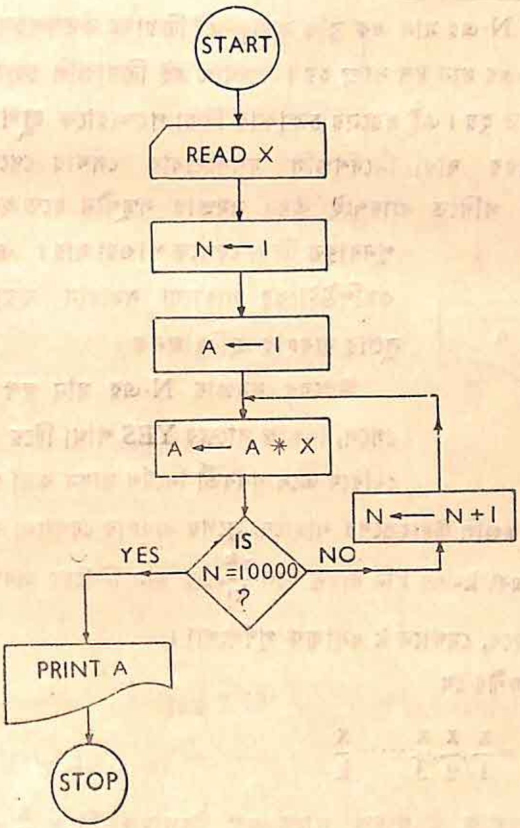
a, b, c-এর মান প্রদত্ত হলে, $\tan\frac{B}{2}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

11. a, b, c, d, e, f-এর মান প্রদত্ত হলে
$ax+by+c=0,$
এবং $dx+ey+f=0,$
সমীকরণদ্বয় থেকে x ও y-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

12. পাঁচটি সংখ্যা a, b, c, d এবং e-এর মধ্যে বৃহত্তমটি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

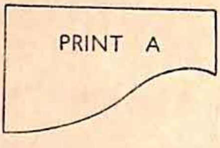
2.4. লুপের ব্যবহার ও প্রবাহচিত্রের জটিলতর সমস্যা—ইতিপূর্বে 2.1 ও 2.2 অনুচ্ছেদে x^3 ও x^5-এর মান নির্ণয়ের কলনবিধি ও প্রবাহচিত্র রচনা সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। সেখানে আমরা দেখেছি, পর পর গুণ করে x^5-এর মান নির্ণয় করা যায়। স্বভাবতই প্রশ্ন জাগে x^{50} বা x^{500} বা x^{1000}-এর মান নির্ণয়ের কলনবিধি বা প্রবাহচিত্র কিরূপ হবে? সংজ্ঞানুসারে, পর পর গুণ করে এই মানগুলি নির্ণয় করা যায়। কিন্তু অসুবিধে হল, x^{10000}-এর মান নির্ণয় করতে এভাবে দশ সহস্র নির্দেশের প্রয়োজন হবে ($x^{10000}=$ 1.x.x......10000 বার)। এই দশ সহস্র আরোপ নির্দেশ প্রবাহচিত্র রূপে লিখে ফেলা পরিশ্রমসাধ্য ও অপ্রীতিকর। আলোচ্য কলনবিধিটি বিশ্লেষণ করলে, আমরা লক্ষ্য করি যে এক্ষেত্রে একটি সহায়ক চলরাশির সাহায্যে কাজটা অনেক সহজ হয়। এই উদ্দেশ্যে গোড়াতে প্রথম নির্দেশে চলরাশি Aকে 1 মান আরোপ করা হল। অতঃপর Aকে x দিয়ে গুণ করে লব্ধ ফল Aকে আরোপ

করা হল। লব্ধ ফলকে আবার x দিয়ে গুণ করে, লব্ধ ফল Aকে আরোপ করা হল এবং এভাবে সর্বসাকুল্যে দশ সহস্র বার সমগ্র ক্রিয়াটি সম্পাদন করলে x^{10000}-এর মান লাভ করা যাবে। যেহেতু সমগ্র ক্রিয়াটি দশ সহস্রবার সম্পাদন করতে হবে, তাই কতবার গুণ করা হল, তার একটা হিসাব রাখতে হবে। হিসাব রাখার জন্য আর একটি সহায়ক চলরাশি N ব্যবহার করা যায়। গোড়ায় Nকে 1 মান আরোপ করা হল এবং Aকে এক একবার x দিয়ে গুণ করে N-এর মান এক এক করে বাড়ানো হল। Aকে x দিয়ে ততক্ষণই গুণ করতে হবে, যতক্ষণ না N-এর মান দশ সহস্র হয়। প্রবাহচিত্রটি 2.12 চিত্রে দেখানো হল।



চিত্র 2.12 লুপের ব্যবহারে x^{10000} নির্ণয়ের প্রবাহ চিত্র

ঐ চিত্রে $\boxed{N \leftarrow 1}$ এবং $\boxed{A \leftarrow 1}$ আরোপ নির্দেশ দ্বারা প্রারম্ভে N এবং Aকে 1 মান আরোপ করা হল। এরূপ যে নির্দেশ দ্বারা কোন চল-রাশিকে প্রারম্ভিক মান আরোপ করা হয় তা **প্রারম্ভিক প্রতিস্থাপন নির্দেশ** বলে পরিচিত। পরের নির্দেশে Aকে x দ্বারা গুণ করে, গুণফল (অর্থাৎ x) Aকে আরোপ করা হল। অতঃপর প্রশ্ন করা হল N-এর মান 10000 হয়েছে কিনা ? যদি না হয়, তবে N+1(অর্থাৎ 1+1=2) মান Nকে আরোপ করে, পুনরায় $\boxed{A \leftarrow A * X}$ নির্দেশে ফিরে যাওয়া হল। পুনরায় প্রশ্ন করা হচ্ছে, N-এর মান 10000 হয়েছে কিনা ? যদি না হয় তবে N-এর মান এক বৃদ্ধি করে পুনরায় $\boxed{A \leftarrow A * X}$ নিদেশে ফিরে আসা হল। Aকে একবার x দিয়ে গুণ করা এবং N-এর মান এক বৃদ্ধি করা—এই ক্রিয়াদ্বয় ততক্ষণ চলতেথাকবে যতক্ষণ না N-এর মান দশ সহস্র হয়। অর্থাৎ এই ক্রিয়াগুলি চক্রাকারে দশ সহস্রবার সাধিত হয়। এই ধরনের চক্রাকার ক্রিয়া পরম্পরাকে **লুপ** বলা হয়। লুপের ব্যবহারের দ্বারা নির্দেশগুলি দশসহস্রবার লেখার থেকে নিষ্কৃতি পাওয়া গেল। গণিতে প্রায়শঃই এমন সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়, যেখানে পুনরাবৃত্ত ক্রিয়া দেখতে পাওয়া যায়। এরূপ সমস্যা কমপিউটারের সাহায্যে সমাধান করতে গেলে, লুপের ব্যবহার সুবিধাজনক।



উপরের সমস্যায় N-এর মান দশ সহস্র হয়ে গেলে, সিদ্ধান্ত বাক্সের YES শাখা দিয়ে লুপ থেকে বেরিয়ে এসে পরবর্তী নির্দেশ সাধন করা হবে।

নিম্নে কতকগুলি উদাহরণের সাহায্যে লুপের ব্যবহার দেখানো হয়েছে।

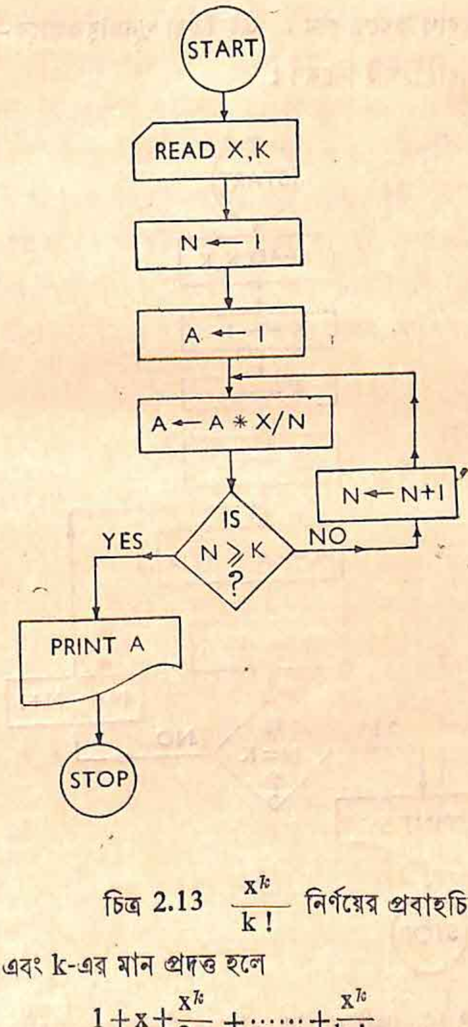
উদা. 5. x এবং k-এর মান প্রদত্ত হলে $\frac{x^k}{k!}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে, যেখানে k ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা।

সমাধান—লক্ষণীয় যে

$$\frac{x^k}{k!}=\frac{x}{1}.\frac{x}{2}.\frac{x}{3}\cdots\cdots\frac{x}{k}$$

যেখানে k সংখ্যক উৎপাদক আছে এবং উৎপাদকগুলিকে $\frac{x}{n}$ রূপে প্রকাশ করা যায়, যার একটি থেকে পরবর্তীটিতে n-এর মান 1 বাড়ে। দুটি সহায়ক

চলরাশি A এবং Nকে প্রারম্ভে 1 মান আরোপ করা হল। Aকে $\frac{x}{N}$ দ্বারা গুণ করে, N-এর মান 1 বাড়িয়ে, পুনরাবৃত্তির দ্বারা সমস্যাটি সমাধান করা যায়। Aকে $\frac{x}{N}$ দ্বারা গুণ করা এবং N-এর মান এক বৃদ্ধি করা,—এই পুনরাবৃত্ত ক্রিয়াদ্বয় k বার সাধন করতে হবে। প্রবাহচিত্রটি 2.13 চিত্রে দেখান হল।



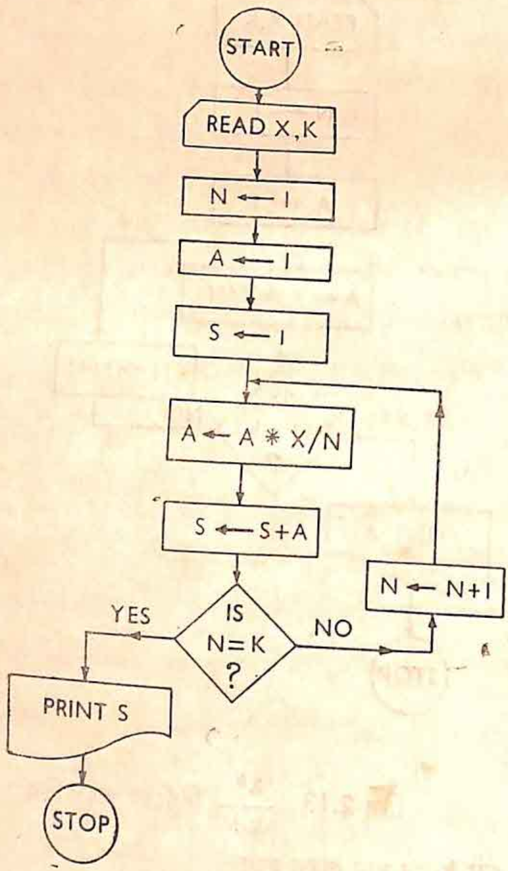
চিত্র 2.13 $\frac{x^k}{k!}$ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

উদা. 6. x এবং k-এর মান প্রদত্ত হলে

$$1+x+\frac{x^k}{2!}+\cdots\cdots+\frac{x^k}{k!}$$

শ্রেণীটির যোগফল নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

সমাধান—আলোচ্য শ্রেণীটির পদগুলি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র 5নং উদাহরণে (চিত্র 2.13) প্রদত্ত হয়েছে। এখানে, ঐ পদগুলির যোগফল নির্ণয় করতে হবে। যোগফল নির্ণয়ের জন্য আর একটি সহায়ক চলরাশি S গ্রহণ করা হল, যাকে প্রারম্ভে 1 মান আরোপ করা হল। প্রথম পদটি পূর্বের উদাহরণের ন্যায় নির্ণয় করা হলে, সেই মানকে S-এর মানের সঙ্গে যোগ করে যোগফল পুনরায় Sকে আরোপ করতে হবে। এই ক্রিয়া পুনরাবৃত্তভাবে $\frac{x^k}{k!}$ পদ পর্যন্ত করতে হবে। প্রবাহচিত্রটি নিম্নরূপ :



চিত্র 2.14 একটি শ্রেণীর যোগফল নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

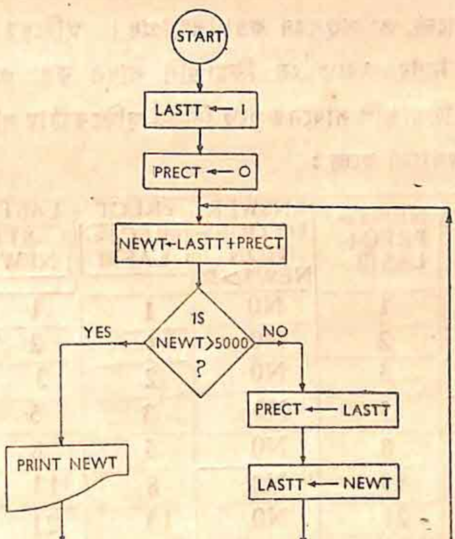
বহুবিধ গাণিতিক সমস্যার সমাধানে অনুরূপ শ্রেণীর উদ্ভব হয়, যাদের

যোগফলের মান এভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। উপরের শ্রেণীটি, গণিতে বহুল ব্যবহৃত সূচকী ফাংশন e^x-এর প্রথম $(k+1)$ সংখ্যক পদ। সূচকী শ্রেণী একটি অসীম শ্রেণী। k-এর মান যথেষ্ট বড় হলে, e^x-এর মান আসন্নভাবে উপরে আলোচিত সসীম শ্রেণীর যোগফলের সাহায্যে নিরূপণ করা যায়।

উদা. 7. ফিবনাচি[1] পরম্পরার পদগুলি হল: $0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, \cdots$;

এখানে প্রথম ও দ্বিতীয় পদ যথাক্রমে 0 এবং 1 এবং পরবর্তী পদগুলি অব্যবহিত পূর্ববর্তী পদদ্বয়ের যোগফলের সমান। পরম্পরাটির প্রথম যে পদ 5000-এর চেয়ে বড় তার মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

সমাধান—এখানে, নতুন পদটি সর্বশেষ পদ ও তৎপূর্ববর্তী পদের যোগফলের সমান। কাজেই সমস্যাটি সমাধানের জন্য লব্ধ নতুন পদটি 5000-এর চেয়ে বড় কিনা প্রশ্ন করতে হবে। প্রশ্নটির উত্তর যদি 'না' হয়, তবে সর্বশেষ পদকে তৎ-পূর্ববর্তী পদ এবং নতুন পদকে সর্বশেষ পদ ধরে পুনরায় নতুন পদ নির্ণয় করতে হবে। এই চক্রাকার ক্রিয়া পরম্পরা ততক্ষণ চলবে, যতক্ষণ না প্রশ্নটির উত্তর



চিত্র 2.15 ফিবনাচি পরম্পরার 5000-এর অধিক প্রথম পদ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

(1) Fibonacci

'হ্যাঁ' হয়। উত্তর 'হ্যাঁ' হলে সমাধান লাভ করা গেল। সর্বশেষ পদকে সংক্ষিপ্ত আকারে ইংরেজিতে LASTT (LAST TERM) এবং তৎপূর্ববর্তী পদকে PRECT (PRECEDING TERM) এবং নতুন পদকে NEWT (NEW TERM) লেখা হবে। তাহলে সমস্যাটি সমাধানের প্রবাহচিত্রটি পূর্বোক্ত রূপ :

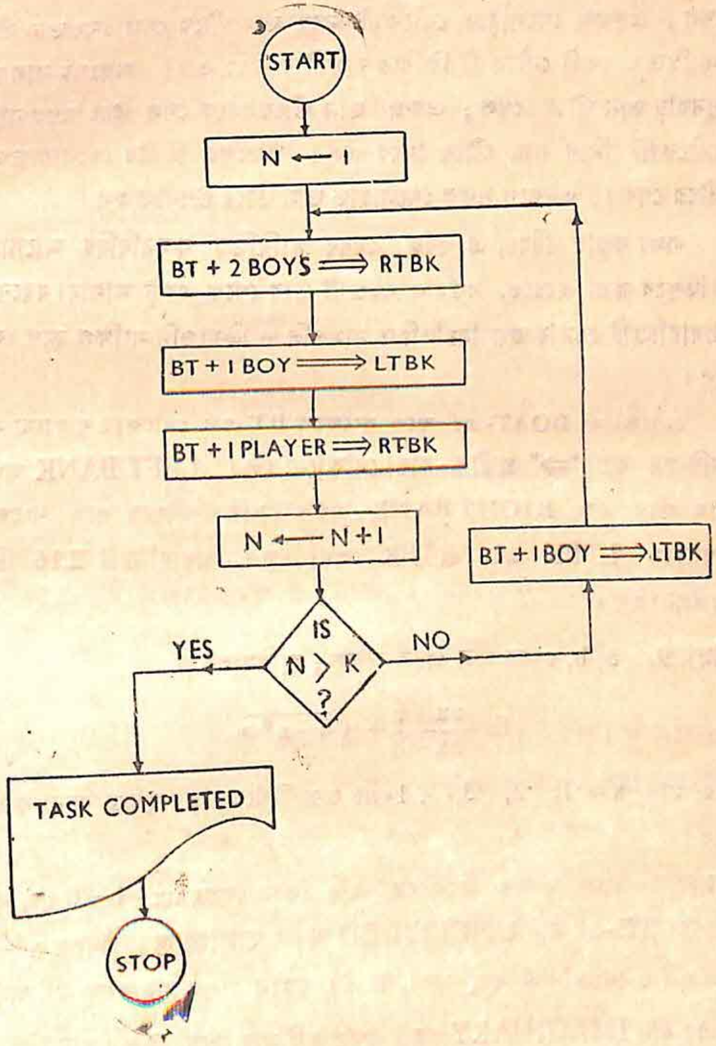
এখানে লক্ষ্য করা দরকার NEWT-এর মান 5000-এর অধিক না হলে NO শাখায় পর পর দুটি আরোপ নির্দেশ অনুযায়ী কাজ হবে। নির্দেশদ্বয় হল যথাক্রমে | PRECT←LASTT | এবং | LASTT←NEWT |. নির্দেশদ্বয়ের ক্রম এক্ষেত্রে বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। NO শাখায় যদি প্রথমে | LASTT←NEWT | এবং তারপরে | PRECT←LASTT | থাকে, তবে ভুল ফল আসবে, কারণ সেক্ষেত্রে প্রথমে NEWT-এর মান LASTT-এ আরোপিত হওয়ার ফলে LASTT-এর মান লুপ্ত হবে এবং LASTT-এর মান হবে NEWT-এর মান। ফলত পরবর্তী নির্দেশ দ্বারা NEWT-এর মানই PRECT-কে আরোপিত হবে,—যা কাম্য নয়।

এই প্রবাহচিত্র অনুযায়ী যে ক্রিয়াগুলি পরপর সাধিত হচ্ছে এবং পদগুলির যে মান পাওয়া যাচ্ছে, তা অনুসরণ করা শিক্ষাপ্রদ। সুবিধের জন্য, 50-এর অধিক প্রথম পদ নির্ণয় করতে যে ক্রিয়াগুলি সাধন করা প্রয়োজন, এবং তালিকাতে বর্ণিত ক্রিয়াগুলি সাধনের পরে বিভিন্ন স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানগুলি নীচের সারণীতে দেখানো হচ্ছে :

PRECT	LASTT	NEWT= PREC+ LASTT	ANSWER TO QUESTION NEWT>50	PRECT PRECT←LASTT	LASTT LASTT←NEWT	
0	1	1	NO	1	1	50-এর
1	1	2	NO	1	2	অধিক
1	2	3	NO	2	3	প্রথম
2	3	5	NO	3	5	পদের
3	5	8	NO	5	8	মান
5	8	13	NO	8	13	55.
8	13	21	NO	13	21	
13	21	34	NO	21	34	
21	34	55	YES	—	—	

সারণী 2.2. ফিবনাচি পরম্পরায় 50-এর অধিক প্রথম পদ নির্ণয়ে সাধিত ক্রিয়া

উদা. 8. k সংখ্যক খেলোয়াড় একটি নদীর বামতীরে এসে পৌঁছল। তারা নদীটি অতিক্রম করে দক্ষিণ তীরে যেতে চায়। নদীটিতে কোন সেতু নেই এবং খেলোয়াড়েরা সাঁতার জানে না। দুটি বালক নদীটিতে একটি ছোট নৌকো চালাচ্ছে এবং নৌকোটিই নদী পার হওয়ার একমাত্র উপায়।



চিত্র 2.16 খেলোয়াড়দের নদী অতিক্রম করার প্রবাহচিত্র

নৌকোটিতে যদি একজন মাত্র খেলোয়াড় অথবা উপরোক্ত দুই বালক ধরে, তবে খেলোয়াড় দলের নদী পার হওয়ার প্রবাহচিত্র রচনা কর।

সমাধান—এইরূপে সমস্যাটির সমাধান করা যায়। ধরা যাক দুটি বালক প্রথমে দক্ষিণ তীরে নৌকো নিয়ে গেল। সেখানে একটি বালক থেকে গেল ; এবং একটি বালক নৌকোটি নিয়ে বামতীরে এল। বালকটি বামতীরে থেকে গেল ; একজন খেলোয়াড় নৌকোটি নিয়ে ডান তীরে গেল এবং ডান তীরে অবস্থিত বালকটি নৌকোটি ফিরিয়ে বামতীরে নিয়ে এল। অতঃপর বালকদ্বয় পুনরায় ডান তীরে গেল ; একজন ডান তীরে থেকে গেল এবং অপর বালক নৌকোটি নিয়ে বাম তীরে ফিরে এল। অতঃপর দ্বিতীয় খেলোয়াড় ডান তীরে গেল। এইরূপে সকল খেলোয়াড় ডান তীরে উপনীত হল।

লক্ষ্য করার বিষয়, এ পর্যন্ত যেসব গাণিতিক কলনবিধির আলোচনা ইতিপূর্বে করা হয়েছে, বর্তমান সমস্যাটি তার থেকে একটু আলাদা ধরনের। প্রবাহচিত্রটি রচনার জন্য নিম্নলিখিত নামগুলি ও ক্রিয়াগুলি সংক্ষিপ্ত রূপে লেখা হল।

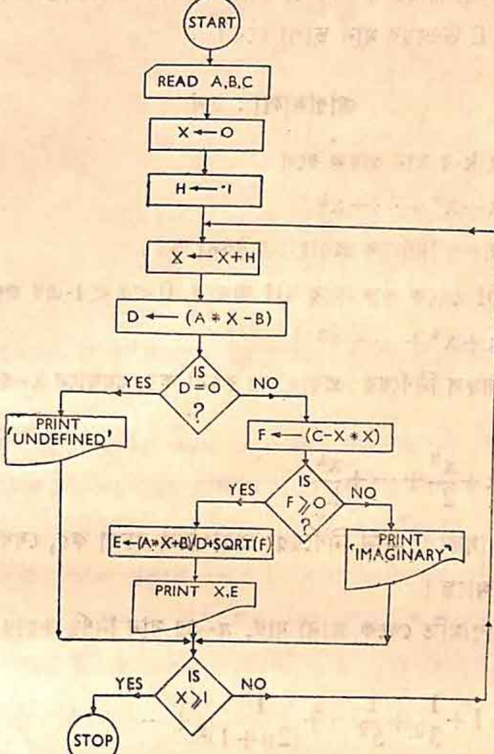
নৌকো বা BOAT-এর স্থলে সংক্ষেপে BT এবং নৌকোর সাহায্যে নদী অতিক্রম করা "⇒" প্রতীক দ্বারা বোঝানো হল। LEFT BANK অর্থাৎ বাম তীর এবং RIGHT BANK অর্থাৎ দক্ষিণ তীরের স্থলে সংক্ষেপে যথাক্রমে LTBK এবং RTBK লেখা হল। প্রবাহচিত্রটি 2.16 চিত্রে দেখানো হল।

উদা. 9. a, b, c-এর মান প্রদত্ত আছে ; রাশিমালা

$$E=\frac{ax+b}{ax-b}+\sqrt{c-x^2},$$

এর মান x = ·1, ·2, ·3,···, 1-এর জন্য নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা করতে হবে।

সমাধান—লক্ষ্য করার বিষয় যে, যদি কোন ক্ষেত্রে $ax-b=0$ হয়, তবে রাশিমালা E-এর মান UNDEFINED অর্থাৎ **অসংজ্ঞাত**। উপরন্তু x^2-এর মান যদি c থেকে বড় হয়, তবে E-এর কোন বাস্তব মান থাকে না, অর্থাৎ E-এর মান IMAGINARY হয়। ক্ষেত্র দুটি বাদ দিয়ে, E-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র 2.17 চিত্রে দেখান হল।



চিত্র 2.17 x = ·1 থেকে শুরু করে, ·1 অন্তরে, $0 < x \leq 1$-এর ক্ষেত্রে $E = \frac{ax+b}{ax-b} + \sqrt{c-x^2}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এখানে $\boxed{X \leftarrow O}$ নির্দেশটি **প্রারম্ভিক প্রতিস্থাপন** নির্দেশ। x = ·1-এর জন্য E-এর মান নির্ণয় করার পর x-এর মান ·1 বাড়ানো হয়,—এবং ততক্ষণই বাড়ানো হয় যতক্ষণ না x = 1 হচ্ছে। এই প্রবাহচিত্রে E-এর অবাস্তব মান বাদ দেওয়া হয়েছে। যদি x-এর কোন মানের জন্য $ax - b = 0$ হয়, তবে সেক্ষেত্রে E-এর মান অসংজ্ঞাত এবং x-এর সেই মান বাদ দিয়ে পরবর্তী মানের জন্য E-এর মান নির্ণয় করা হবে। আবার, যদি $(c - x^2)$ রাশিটির মান ঋণাত্মক হয়, তবে $\sqrt{c-x^2}$-এর মান অবাস্তব হবে এবং সেক্ষেত্রে IMAGI-

NARY শব্দটি ছাপা হবে। প্রদত্ত রাশিটির মান অসংজ্ঞাত অথবা অবাস্তব না হলে X এবং E উভয়ের মান ছাপা হবে।

প্রশ্নমালা : ২খ

1. x এবং k-র মান প্রদত্ত হলে

$$1+x+x^2+\cdots+x^k$$

শ্রেণীর যোগফল নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

2. x = ·01 থেকে শুরু করে ·01 অন্তরে, $0<x<1$-এর জন্য

$$1+x+x^2+\cdots+x^{k-1}$$

শ্রেণীর যোগফল নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর, যেখানে k-এর মান প্রদত্ত আছে।

3. $$1+x+\frac{x^2}{2}+\cdots+\frac{x^k}{k}$$

শ্রেণীটির যোগফলের মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর, যেখানে x ও k-এর মান প্রদত্ত আছে।

4. ত্রিকোণমিতি থেকে জানা যায়, π-এর মান নির্ণয় করার একটি শ্রেণী হল

$$\frac{\pi^2}{8}=1+\frac{1}{3^2}+\frac{1}{5^2}\cdots+\frac{1}{(2n+1)^2}+\cdots$$

শ্রেণীটির প্রথম যে পদের মান 10^{-3}-এর চেয়ে ক্ষুদ্র, তার মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

5. x = ·10 থেকে শুরু করে ·05 অন্তরে $0<x<1$ এর জন্য

$$\frac{x^k}{k}$$

এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর, যেখানে x এবং k-এর মান প্রদত্ত আছে।

6. x = ·1 থেকে শুরু করে ·05 অন্তরে $0\leq x\leq 1$-এর ক্ষেত্রে

$$E=\frac{\sqrt{ax+b}}{cx-d}$$

রাশিমালার মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর, যেখানে a, b, c, ও d-এর মান প্রদত্ত আছে।

7. যদি

$$S=1+x+\frac{x^2}{2!}+\cdots+\frac{x^{k-1}}{(k-1)!}$$

হয়, যেখানে

$$\frac{x^k}{k!}<\epsilon$$

এবং x, ও ϵ (এপসাইলন) প্রদত্ত রাশি, তবে S নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

8. N সংখ্যক সংখ্যা A1, A2,···, AN-এর মান প্রদত্ত আছে; বৃহত্তমটি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

9. দুটি পূর্ণসংখ্যা P ও Q-এর গরিষ্ঠ সাধারণ গুণিতক নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র রচনা কর।

10. পাঁচটি সংখ্যা A1, A2, A3, A4 এবং A5কে বৃহত্তম থেকে ক্ষুদ্রতম পর্যন্ত মানের ক্রম অনুসারে সাজানোর প্রবাহচিত্র রচনা কর।

11. একটি পাঁচ লিটার এবং আর একটি নয় লিটার আয়তনবিশিষ্ট বালতি নিয়ে একটি বালক পুকুরে গেছে। বালতিগুলোতে পরিমাণ জ্ঞাপক কোন দাগ নেই। বড় বালতি ভর্তি জল নিয়ে তার থেকে জল ঢেলে ছোট বালতিটি ভর্তি করলে, বড় বালতিতে চার লিটার জল অবশিষ্ট থাকবে। এমনি ঢালাঢালি করে অন্যান্য যে পরিমাপগুলি লাভ করা সম্ভব, তা নির্ণয় করার প্রবাহচিত্র রচনা কর।

তৃতীয় অধ্যায়

সহজ ফরট্রান প্রোগ্রাম বিধি

ভূমিকা—কোন সমস্যা কমপিউটারের সাহায্যে সমাধান করতে হলে সর্বাগ্রে প্রয়োজন সমস্যাটি সমাধানের একটি কলনবিধি—যার চিত্ররূপ হল প্রবাহচিত্র। সমগ্র সমাধান প্রক্রিয়াটি ছবির মাধ্যমে চোখের সামনে দেখা যায় বলে, প্রয়োগের ক্ষেত্রে প্রবাহচিত্র বিশেষ সমাদর লাভ করে। অতঃপর প্রবাহচিত্রটিকে কোন একটি প্রোগ্রাম ভাষায় লিপিবদ্ধ করতে হয়। এই ক্রিয়াকে **প্রোগ্রাম রচনা** বলে। বিভিন্ন প্রোগ্রামভাষার মধ্যে **ফরট্রান IV**[1] ভাষা সমধিক পরিচিত। বিজ্ঞান ও কারিগরী বিদ্যার বিভিন্ন **সাংখ্যিক** সমস্যার সমাধানে ফরট্রান IV ভাষা ব্যবহার করা সুবিধেজনক। ফরট্রান ভাষার সাহায্যে সহজ সমস্যা সমাধানের জন্য প্রয়োজনীয় ফরট্রান IV প্রোগ্রামবিধি বর্তমান পুস্তকের তৃতীয়, চতুর্থ ও পঞ্চম অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে। এই ভাষা শেখা থাকলে, ভারতবর্ষে বর্তমানে যে সকল কমপিউটার রয়েছে, তাদের প্রায় সবগুলিই ব্যবহার করা সম্ভব।

ফরট্রান ভাষা 1956 সালে জন বাকুস[2] ও তাঁর সহযোগিগণের দ্বারা সৃষ্ট হয়। কমপিউটার বিজ্ঞানীরা বিগত কয়েক বছর ধরে বিভিন্ন ধরনের প্রোগ্রামভাষা সম্বন্ধে গবেষণাকার্য চালিয়ে যাচ্ছেন। ফরট্রান ভাষারও বিশেষ উন্নতি ঘটেছে, যার ফলে ফরট্রান IV ভাষার সৃষ্টি হয়েছে। এই ভাষায় রচিত প্রোগ্রাম মেশিনভাষায় অনুবাদ করতে পারে এমন সংকলক আজকাল বহু কমপিউটারে থাকে—যেমন, IBM 1130, IBM 1401, IBM 360,

(1) FORTRAN নামটি FORMULA TRANSLATION শব্দদ্বয়ের সংক্ষিপ্ত রূপ প্রবাহচিত্রের ভাষার সঙ্গে এই ভাষার বিশেষ মিল আছে (FORTRAN ভাষার আধুনিক রূপের নাম FORTRAN IV বা ফরট্রান IV।

(2) J. Backus

IBM 1620, IBM 7044, CDC 3600, ICL 1900 প্রভৃতি[3]। প্রসঙ্গত উল্লেখযোগ্য যে আজকাল ফরট্রান ভাষার চেয়েও শক্তিশালী প্রোগ্রামভাষার সৃষ্টি হয়েছে—যেমন অ্যালগল 60[4] বা পাসকাল[5]। কিন্তু সমধিক প্রচলন হেতু, বর্তমান পুস্তকে কেবলমাত্র ফরট্রান IV ভাষাই আলোচিত হবে।

3.1. ফরট্রান ভাষার হরফ—কোন ভাষা শিখতে হলে প্রথমেই সেই ভাষার **হরফ** শিখতে হয়। ফরট্রান ভাষার হরফগুলি, ইংরেজি ক্যাপিটাল লেটার্স অর্থাৎ ইংরেজি বড় হাতের হরফ, পাটীগণিতের দশটি অঙ্ক 0, 1,…, 9 এবং কতকগুলি বিশেষ হরফের সমন্বয়ে গঠিত। ফরট্রান ভাষায় ইংরেজি হরফের দ্বারা তৈরী ইংরেজি শব্দ ব্যবহৃত হয়। অন্য কোন ভাষার হরফ চলে না। তাই এখানেও ইংরেজি শব্দ ব্যবহৃত হবে, অবশ্য তাদের অর্থ ব্যাখ্যা করা হবে। ফরট্রান ভাষার হরফগুলির সম্পূর্ণ তালিকা নিম্নরূপ :

(i) ইংরেজি বড় হাতের হরফ (26টি) — A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z

(ii) পাটীগণিতের দশটি অঙ্ক (10টি) — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

এবং

(iii) কয়েকটি বিশেষ হরফ (11টি) — + − * / ·) , $ = ('

উপরে প্রদত্ত 47টি হরফ (=26+10+11) ব্যতীত অপর কোন হরফ ফরট্রান ভাষায় ব্যবহার করা চলবে না। যেমন, ছোট হাতের কোন ইংরেজি হরফ চলবে না, বা কোলন (:) বা সেমিকোলন (;) চিহ্ন চলবে না।

প্রোগ্রাম লেখার সময় স্পষ্ট হস্তাক্ষরে লেখা বাঞ্ছনীয়। অনেক সময়ে, ভুল এড়াবার জন্য O অক্ষরটি ϕ (পেট কাটা "ও") লেখা হয়, এবং শূন্য অঙ্ক 0

(3) IBM শব্দটি International Business Machine নামক প্রখ্যাত কমপিউটার উৎপাদককারী সংস্থার নামের সংক্ষিপ্ত রূপ। প্রধানতঃ এই প্রতিষ্ঠানের প্রচেষ্টায় ফরট্রান ভাষার সৃষ্টি ও শ্রীবৃদ্ধি ঘটেছে। IBM নামের সঙ্গে সংখ্যাগুলি বিভিন্ন মডেল সূচিত করে। CDC এবং ICL শব্দদ্বয় যথাক্রমে Control Data Corporation এবং International Computers Limited নামের সংক্ষিপ্ত রূপ। বিভিন্ন মডেলগুলির সংকলকে অবশ্য কিছু কিছু আলাদা বৈশিষ্ট্য থাকে, কিন্তু প্রধান অংশে এদের মিল আছে।

(4) ALGOL 60 (Algorithmic language 60)।

(5) PASCAL (1973 সালে ভাষাটির সৃষ্টি হয়েছে)।

পেট না কেটে লেখা হয়। অক্ষর I এবং অঙ্ক 1-এর মধ্যেও পার্থক্য যাতে স্পষ্ট হয়, সেদিকে লক্ষ্য রাখা উচিত।

3.2. ফরট্রান অখণ্ড ধ্রুবক। ফরট্রান ধ্রুবকের ভগ্নাংশ ও সূচকী রূপ। সমার্থক অঙ্ক ও শুদ্ধমান।

কোন ফরট্রান ভাষার প্রোগ্রামে যদি এমন কোন রাশি থাকে, যার মান বিভিন্ন ক্রিয়া সাধিত হওয়ার পরেও অপরিবর্তিত থাকে, তবে তাকে **ফরট্রান ধ্রুবক** বলে। ফরট্রান ধ্রুবক দুই রকমের হতে পারে—(এক) **অখণ্ড ধ্রুবক** ; (দুই) **বাস্তব ধ্রুবক**।

অখণ্ড ধ্রুবকগুলির মান পূর্ণসংখ্যা হবে এবং তাদের কোন ভগ্নাংশ থাকবে না। অখণ্ড ধ্রুবকে কোন দশমিক বিন্দু থাকবে না এবং দশমিক বিন্দু ছাড়াই অখণ্ড ধ্রুবক লিখতে হবে। এরূপ ধ্রুবক ধনচিহ্ন বা ঋণচিহ্নবিশিষ্ট হতে পারে। সংখ্যাটির পূর্বে ধন বা ঋণ কোন চিহ্নই না থাকলে সংখ্যাটিকে ধনাত্মক ধরা হবে।

অখণ্ড ধ্রুবকের উদাহরণ (1) : (i) 17306 (ii) −999012 (iii) 215

অখণ্ড ধ্রুবকের মান সসীম হবে এবং এরূপ ধ্রুবকের সর্ববৃহৎ মান কত হবে, তা নির্ভর করে ব্যবহৃত কমপিউটারের উপর। যেমন, IBM 1130, IBM 360 এবং CDC 3600 কমপিউটারগুলিতে সর্ববৃহৎ সংখ্যার মান যথাক্রমে $2^{15}-1$, $2^{31}-1$ এবং $2^{47}-1$.

উদাহরণ (2) : নিম্নের সংখ্যাগুলি বৈধ অখণ্ড ধ্রুবক নয় কেন, কারণ নির্দেশ করতে হবে :

(i) 2. (ii) 72,305 (iii) −1. (iv) + −56 (v) 5·0

উত্তর—(i) দশমিক বিন্দু থাকবে না। (ii) কমা চিহ্ন থাকবে না। পাঠক স্বয়ং অবশিষ্টগুলির উত্তর করবেন।

অন্যদিকে, **ফরট্রান বাস্তব ধ্রুবকে** ভগ্নাংশ থাকতে পারে অথবা নাও থাকতে পারে। এরূপ ধ্রুবক সর্বদা দশমিক বিন্দু সমেত লিখতে হবে। দশমিক বিন্দু না দিলে অবৈধ হবে। বাস্তব ধ্রুবক ধনচিহ্ন বা ঋণচিহ্নবিশিষ্ট হতে পারে এবং সংখ্যাটির পূর্বে কোন চিহ্ন না থাকলে সংখ্যাটিকে ধনাত্মক ধরা হবে।

বাস্তব ধ্রুবকের উদাহরণ (3) : (i) 2. (ii) —15·002 (iii) 723050. (iv) ·00007321 (v) —1·732

বৃহত্তম বাস্তব ধ্রুবকের মান কমপিউটার অনুযায়ী বিভিন্ন হতে পারে অর্থাৎ এরূপ ধ্রুবকের বৃহত্তম বা ক্ষুদ্রতম পরিমাণ কত হতে পারে এবং ধ্রুবকটিতে কয়টি **সার্থক অঙ্ক** থাকতে পারে, তা কমপিউটার ভেদে আলাদা হতে পারে। কোন সংখ্যার **সার্থক অঙ্ক** বলতে সেই অঙ্কগুলো বোঝায় যা সংখ্যাটি সম্বন্ধে অর্থ বহন করে। সাংখ্যিক গণিতের সংজ্ঞা অনুযায়ী, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 অঙ্কগুলি সার্থক। যদি দশমিক বিন্দু নির্ধারণ করতে 0 (শূন্য) ব্যবহার করা হয়, অথবা সংখ্যাটির শেষে 0 উপস্থিত থাকে, তবে 0 কে সার্থক অঙ্ক বলা হবে না ; অন্যথায় শূন্য সার্থক অঙ্ক।

সার্থক অঙ্কের উদাহরণ (4) : (i) 1·472 (ii) 2·402 (iii) ·02482 (iv) ·0002482 (v) 22·730 (vi) ·0024020

এই উদাহরণগুলির প্রত্যেকটিতেই সার্থক অঙ্কের সংখ্যা চার। লক্ষণীয় যে, 2·402 সংখ্যাটিতে 0 অঙ্কটি সার্থক, কিন্তু পরবর্তী সংখ্যাদ্বয়ে শূন্যগুলি সার্থক নয়, কারণ দশমিক বিন্দুর অবস্থিতি স্থির করতে সেখানে শূন্য অঙ্কটি ব্যবহৃত হয়েছে। (v) উদাহরণে, সংখ্যাটির শেষে যে শূন্য আছে তা সার্থক বলে গণ্য হবে না।

কোন কোন ক্ষেত্রে কিন্তু শেষের শূন্যটি অর্থবহ হতে পারে। যেমন, 20 সংখ্যাটি 4 এবং 5-এর গুণফলের সঠিক মান। এক্ষেত্রে শূন্যটি কোন অজ্ঞাত অঙ্কের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়নি। এরূপ ক্ষেত্রে, সংখ্যাটিতে যে দুটি সার্থক অঙ্ক আছে তা পূর্বেই বলে দেওয়া যেতে পারে। অন্যথায় চলতি রীতি হল, সংখ্যাটিকে **সূচকী রূপে** প্রকাশ করা। সূচকী রূপে কোন সংখ্যাকে একটি গুণিতক ও 10-র সূচকের রূপে প্রকাশ করা হয়, গুণিতকটির অঙ্ক সংখ্যাই সংখ্যাটির সার্থক অঙ্ক বোঝাবে। যেমন,

উদাহরণ (5) : (i) $2.\times10^1$ (ii) $2{\cdot}0\times10^1$ (iii) $\cdot20\times10^2$

সংখ্যা তিনটির প্রথমটিতে একটি এবং দ্বিতীয় ও তৃতীয়টিতে দুটি করে সার্থক অঙ্ক আছে। সূচকী রূপে লেখার সময় অনেকক্ষেত্রে গুণিতকটিকে 0 এবং 1-এর অন্তর্বর্তী একটি সংখ্যারূপে প্রকাশ করা হয়। এই রীতি অনুযায়ী (iii) রূপটি **প্রকৃত সূচকী রূপ**।

প্রসঙ্গত উল্লেখযোগ্য যে, কোন গাণিতিক সমস্যার সমাধানে প্রায় সর্বদাই দেখা যায় যে শুধু পূর্ণসংখ্যা ব্যবহার করে আমরা কাজ চালাতে পারি না এবং ভগ্নাংশের ব্যবহার অত্যাবশ্যক হয়। ভগ্নাংশকে দশমিক সংখ্যারূপে প্রকাশ করা সুবিধাজনক। যেমন, $\frac{1}{4}$-এর পরিবর্তে আমরা লিখতে পারি ·25 এবং $\frac{1}{7}$-এর পরিবর্তে ·14285714···দ্বিতীয় সংখ্যাটির অঙ্কসংখ্যা কিন্তু অসীম। কমপিউটারে সসীম সংখ্যক অঙ্কবিশিষ্ট সংখ্যাই কেবল ব্যবহার করা যায়। (হয়ত ছয় দশমিক স্থান পর্যন্ত বা আট বা বারো। কোন কোন কমপিউটারে তারও বেশি, কিন্তু সমস্ত কমপিউটারেই সসীম সংখ্যক দশমিক স্থান মাত্র রাখা চলে।) সেজন্য সংখ্যাটির আসন্ন মান নির্ণয়ের প্রয়োজন হয়। উপরন্তু গুণ 'বা ভাগ ক্রিয়ার ফলে ও সংখ্যার দৈর্ঘ্য, অর্থাৎ যতগুলি অঙ্ক নিয়ে সংখ্যাটি গঠিত সেই সংখ্যা, বেড়ে যায় এবং পরবর্তী গণনা কার্যের জন্য সংখ্যাটির বাড়তি অঙ্কগুলি কেটে বাদ দিতে হয়। কোন সংখ্যার একটা অংশ কেটে বাদ দিতে হলে সাধারণত নিম্নে প্রদত্ত **শুদ্ধমান** বা **শুদ্ধ আসন্নমান** নির্ণয়ের নিয়মটি মেনে চলতে হয়।

শুদ্ধমান নির্ণয়ের নিয়ম ঃ

কোন সংখ্যার d-দশমিক স্থান পর্যন্ত **শুদ্ধমান** বা **শুদ্ধ আসন্নমান** নির্ণয় করতে হলে d-তম স্থানের পরবর্তী অংশ কেটে বাদ দিয়ে দিতে হবে। পরিত্যক্ত অংশটির মান d-তম স্থানে অর্ধ এককের বেশি বা কম হলে যথাক্রমে d-তম অঙ্কটির মান এক বাড়ানো হবে অথবা অপরিবর্তিত থাকবে। পরিত্যক্ত অংশটি যদি ঠিক অর্ধ এককের সমান হয় তবে d-তম অঙ্কটি যুগ্ম সংখ্যা না অযুগ্ম সংখ্যা, তার উপর নির্ভর করবে ঐ অঙ্কটির মান অপরিবর্তিত থাকবে না এক বাড়বে—যুগ্ম হলে অপরিবর্তিত থাকবে আর অযুগ্ম হলে এক বাড়ানো হবে।

কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে নিয়মটি ব্যাখ্যা করা হচ্ছে।

উদাহরণ ঃ

6. (i) 5·74586 সংখ্যাটির প্রথম দশমিক স্থান পর্যন্ত শুদ্ধমান হল 5·7, কারণ প্রথম দশমিক স্থানে পরিত্যক্ত অংশের মান অর্থাৎ ·4586 অর্ধ একক (অর্থাৎ ·5000)-এর চেয়ে ছোট। তৃতীয় দশমিক স্থান পর্যন্ত শুদ্ধমান

হল 5·746 কারণ তৃতীয় দশমিক স্থানে পরিত্যক্ত অংশের মান অর্থাৎ ·86 অর্ধ একক (অর্থাৎ ·50)-এর চেয়ে বড়। দ্বিতীয় দশমিক স্থান পর্যন্ত শুদ্ধমান হল 5·75 কারণ দ্বিতীয় দশমিক স্থানে পরিত্যক্ত অংশের মান অর্থাৎ ·586 অর্ধ এককের চেয়ে বড়।

(ii) 3·1450 সংখ্যাটির দ্বিতীয় দশমিক স্থান পর্যন্ত শুদ্ধমান হল 3·14 কারণ দ্বিতীয় দশমিক স্থানে পরিত্যক্ত অংশের মান ·50 অর্ধ এককের সমান। দ্বিতীয় দশমিক অঙ্কটি যুগ্ম সংখ্যা 4 হওয়ার জন্য ঐ মান অপরিবর্তিত থাকবে।

(iii) 3·14350 সংখ্যাটির তৃতীয় দশমিক স্থান পর্যন্ত আসন্নমান হল 3·144 কারণ তৃতীয় দশমিক স্থানে পরিত্যক্ত অংশের মান অর্ধ এককের সমান এবং তৃতীয় দশমিক অঙ্কটি অযুগ্ম সংখ্যা তিন হওয়ায় অঙ্কটির মান এক বাড়ানো হবে।

(iv) ·0025 সংখ্যাটির সার্থক প্রথম অঙ্ক পর্যন্ত শুদ্ধমান হল ·002। আবার 32735 সংখ্যাটির সার্থক চার অঙ্ক পর্যন্ত শুদ্ধমান হল 32740 এবং শুদ্ধমানটিকে প্রকৃত সূচকীরূপে প্রকাশ করলে দাঁড়ায় $\cdot 3274 \times 10^5$। কমপিউটারে সাধারণত সংখ্যাগুলি প্রকৃত সূচকীরূপে রূপায়িত হয়।

ফরট্রান বাস্তব ধ্রুবকের রূপ দুরকমের হতে পারে, যথা—(ক) **ভগ্নাংশ রূপ** ও (খ) **সূচকী রূপ**। উপরে **3.** উদাহরণে প্রদত্ত সংখ্যাগুলি ভগ্নাংশ রূপে লেখা হয়েছে এবং এই রূপটি পাটীগণিতের সুপরিচিত রূপ। সূচকী রূপে আলোচ্য সংখ্যার গুণিতকটি লিখে একটি E হরফ লিখতে হবে তারপরে লিখতে হবে দশের সূচক মান।

উদাহরণ 5-এ প্রদত্ত সংখ্যাগুলির সূচকী রূপ ফরট্রানে লেখা হবে, যথাক্রমে

(i) $2\,E^1$ (ii) $2\,0\,E^1$ (iii) $\cdot 20\,E^2$

লক্ষণীয়, যেসূচকের চিহ্ন থাকতে পারে অথবা নাও থাকতে পারে। যেমন,

(i) 2·570 E 2 (ii) 2·57 E+2 (iii) 2570· E−1

সূচকী রূপে কোন বাস্তব সংখ্যা প্রকাশ করার সময় লক্ষ্য রাখতে হবে, যে, সূচকটি সর্বদা পূর্ণসংখ্যা হবে এবং তাতে কোন দশমিক বিন্দু থাকবে না।

উদাহরণ (7) : কারণ নির্দেশ করতে হবে, নিম্নে প্রদত্ত বাস্তব ধ্রুবকগুলি কেন বৈধ নয় :

(i) —10·74602. (ii) 7 E 4 (iii) 7. E 4. (iv) −·999E·5

উত্তর—(i) দুটি দশমিক বিন্দু রয়েছে, (ii) গুণিতক 7 এ দশমিক বিন্দু থাকবে। অবশিষ্ট দুটি প্রশ্নের উত্তর পাঠকরা নিজে দেবেন।

3.3 ফরট্রান চলরাশি—একটি প্রোগ্রাম অনুযায়ী গণনা চলাকালে, যদি কোন রাশির মান পরিবর্তিত হতে থাকে, তবে রাশিটিকে ফরট্রান চলরাশি বলে। কমপিউটার প্রত্যেক ফরট্রান চলরাশির জন্য একটি করে স্মৃতিকোঠা নির্দিষ্ট করে রাখে। প্রত্যেক চলরাশির একটি করে নাম দিতে হয়। একটি নির্দিষ্ট নামের সঙ্গে নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠা সংযুক্ত হয়। গণনা চলাকালে, কোন একটি মুহূর্তে, কোন নামের সংযুক্ত স্মৃতিকোঠায় যে মান সঞ্চিত থাকে, তাই সেই নামের দ্বারা সূচিত চলরাশির মান।

ফরট্রান ধ্রুবক যেমন দুপ্রকারের হতে পারে তেমনি ফরট্রান চলরাশিও দুপ্রকারের,—**অখণ্ড চলরাশি ও বাস্তব চলরাশি**। অখণ্ড চলরাশির জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মান যে-কোন একটি মুহূর্তে অখণ্ড ধ্রুবক হবে; আর বাস্তব চলরাশির জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মান যে কোন একটি মুহূর্তে বাস্তব ধ্রুবক হবে। আবার চলরাশির নামও দুপ্রকারের হতে পারে। যথা, (ক) **অখণ্ড চলনাম** ও (খ) **বাস্তব চলনাম**। চলরাশির নামে এক, দুই, তিন, চার, অথবা পাঁচটি হরফ থাকতে পারে (সংকলক ভেদে অনেক ক্ষেত্রে ছয়টিও থাকতে পারে)। অখণ্ড চলনামের প্রথম অক্ষরটি অবশ্যই

I, J, K, L, M, N

এই ছয়টি অক্ষরের কোন একটি হতে হবে। আর, বাস্তব চলনামের ক্ষেত্রে প্রথম অক্ষরটি এই ছয়টি ব্যতীত ইংরেজি বড় হাতের অক্ষরের অবশিষ্ট কুড়িটির মধ্যে যে-কোন একটি হতে হবে। কোন ক্ষেত্রেই নামের মধ্যে কোন বিশেষ হরফ থাকা চলবে না।

অখণ্ড চলনামের উদাহরণ (৪)ঃ (i) INK (ii) L2 (iii) KOUNT (iv) LRGT5 (v) JB007 (vi) MIG21 (vii) INDIA (viii) ICAT

বাস্তব চলনামের উদাহরণ (9)ঃ (i) DOG (ii) HF24 (iii) B52 (iv) DC1O (v) V2 (vi) CAL32 (vii) AINK (viii) AL2

10. কারণ নির্দেশ করতে হবে, কেন নিম্নে প্রদত্ত নামগুলি বৈধ অখণ্ড চলনাম নয়,—

(i) F104 (ii) I.L.O (iii) U.S.A. (iv) MAD-1 (v) KRISHNAN (vi) NILADRI (vii) I 1,000 (viii) 2I

উত্তর—(i) প্রথম অক্ষর F হবে না, (ii) কোন বিশেষ হরফ অর্থাৎ ফুল ষ্টপ থাকবে না। অবশিষ্টগুলির উত্তর পাঠকরা নিজেরাই দেবেন।

11. কারণ নির্দেশ করতে হবে, কেন নিম্নে প্রদত্ত নামগুলি বৈধ বাস্তব চল নাম নয়।

(i) IR8 (ii) CAL—9 (iii) X^2 (iv) X+X (v) UTTAMKUMAR (vi) RANGINI (vii) 5X

উত্তর—(i) প্রথম অক্ষর I হতে পারে না, (ii) ড্যাশ (—)চিহ্নটি থাকতে পারে না। অবশিষ্টগুলি পাঠকগণ নিজেরাই উত্তর করবেন।

3.4. পাটীগণিতীয় রাশিমালা—ধ্রুবক ও চলরাশির মধ্যে পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার সংযোগে পাটীগণিতীয় রাশিমালার উদ্ভব হয়। ফরট্রান ভাষায় পাটীগণিতীয় ক্রিয়াগুলির প্রতীক নিম্নরূপ :

ক্রিয়া	প্রতীক
যোগ	+
বিয়োগ	—
গুণন	*
ভাগ	/
সূচকীকরণ	**

পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়ার জন্য কিন্তু ধ্রুবক বা চলরাশিগুলি একই ধরনের হতে হবে। অর্থাৎ অখণ্ড ধ্রুবক ও অখণ্ড চলরাশির মধ্যে পাটী-গণিতীয় ক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে, অথবা বাস্তব ধ্রুবক ও বাস্তব চলরাশির মধ্যে ক্রিয়া সংঘটিত হতে পারে। কিন্তু, সাধারণত কোন একটি রাশিমালায় এই দুই ধরনের ধ্রুবক বা চলরাশির উপস্থিতি বৈধ বলে গণ্য হবে

না। কাজেই, একটি রাশিমালায় সবগুলি ধ্রুবক ও চলরাশি, হয় অখণ্ড ধরনের হবে, নয়ত বাস্তব ধরণের হবে এবং একই রাশিমালায় দুই ধরণের রাশি মিশিয়ে ফেলা চলবে না। (আজকাল কোন কোন সংকলকে দুই ধরনের রাশি মিশিয়ে ফেলা অনুমোদিত হচ্ছে। প্রথম শিক্ষার্থীদের পক্ষে অবশ্য এই দুই ধরনের রাশি না মিশিয়ে প্রোগ্রাম রচনা করতে শেখাই ভাল।) একটিমাত্র ক্ষেত্রে এর ব্যতিক্রম আছে,—আর তা হল কোন বাস্তব রাশি বা বাস্তব ধ্রুবকের সূচক একটি অখণ্ড ধ্রুবক বা চলরাশি হতে পারে।

অখণ্ড ও বাস্তব রাশিমালা তৈরীর নিয়মগুলি নিম্নে আলোচনা করা হচ্ছে। প্রথমে অখণ্ড রাশিমালা তৈরীর নিয়ম বলা হচ্ছে।

(ক) ধন বা ঋণ চিহ্নবিশিষ্ট অথবা চিহ্নহীন অখণ্ড চলনাম বা অখণ্ড ধ্রুবক হল একটি অখণ্ড রাশিমালা। যেমন,

উদা. 12. (i) IACAT (ii) −L6 (iii) 14285 (iv) −7 (v) +MESS1

(খ) একটি অখণ্ড রাশিমালার সঙ্গে পাটীগণিতীয় ক্রিয়া দ্বারা চিহ্নহীন অখণ্ড চলনাম বা অখণ্ড ধ্রুবক সংযুক্ত হলে একটি অখণ্ড রাশিমালা সৃষ্ট হবে।

এই নিয়মটি বারংবার প্রয়োগ করে নতুন নতুন অখণ্ড রাশিমালার সৃষ্টি হবে। যেমন,

উদা. 12(i) অখণ্ড রাশিমালার সঙ্গে চিহ্নবিহীন অখণ্ড ধ্রুবক 4285 যোগ করে নতুন রাশিমালা

IACAT+5285

পাওয়া যায়। এই রাশিমালার সঙ্গে আবার চিহ্নবিহীন অখণ্ড রাশিমালা বা অখণ্ড ধ্রুবক যোগ (বা বিয়োগ, গুণ, ভাগ বা সূচকীকরণ) করে নতুন অখণ্ড রাশিমালা লাভ করা যাবে। যেমন,

IACAT+14285−NADIA

(গ) বন্ধনীভুক্ত অখণ্ড রাশিমালাও অখণ্ড রাশিমালা হবে। যেমন,

(4 * INDIA−LANKA) বা (JOHN/LINDA−K)

(ঘ) পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার দ্বারা সংযুক্ত দুটি অখণ্ড রাশিমালাও অখণ্ড রাশিমালা হবে। যেমন,

(4 * INDIA−LANKA)+(JOHN/LINDA−K)

(ঙ) কোন অখণ্ড রাশিমালায় অব্যবহিত পর পর দুটি পাটীগণিতীয় ক্রিয়া থাকবে না। সূচীকরণ প্রতীক * * দ্বারা একটি মাত্র ক্রিয়া সংঘটিত হচ্ছে ধরা হবে। সূচকীকরণ প্রতীকের সাহায্যে একটি রাশিমালা k^3কে ফরট্রান ভাষায় লেখা হবে K * * 3 রূপে, এবং এটি একটিমাত্র ক্রিয়া ধরা হবে।

ফরট্রান ভাষায় পাটীগণিতীয় ক্রিয়া উহ্য রাখা চলবে না। যেমন, 4k+3 রাশিমালাকে ফরট্রান ভাষায় 4*K+3 রূপে লিখতে হবে। তৎপরিবর্তে 4K+3 লিখলে ভুলহবে। আবার $\frac{4k}{-3}$কে ফরট্রান ভাষায় 4 * K/ – 3 লিখলে ভুল হবে, কারণ ভাগ ও বিয়োগ প্রতীকদ্বয় অব্যবহিত পরপর উপস্থিত হয়েছে। অখণ্ড রাশিমালার সঙ্গে বাস্তব ধ্রুবক বা রাশিমালা মিশিয়ে ফেলা চলবে না। যেমন, $4k+\frac{1}{2}$কে 4 * K+·5 লিখিলে ভুল হবে, অথবা 4. * K+1/2 লিখলেও ভুল হবে কারণ 4. একটি বাস্তব ধ্রুবক। রাশিমালার প্রারম্ভে ও শেষে বন্ধনী প্রতীক ঠিকমত লিখতে হবে। যেমন,

(4 * K+1/2 – 3

লিখলে অবৈধ হবে বা ভুল হবে ; (4 * K+1/2 – 3) লিখতে হবে। আবার (4 * K – 3) * * ·5 লেখাও ভুল কারণ সূচকটি বাস্তব ধ্রুবক।

উপরে প্রদত্ত (ক), (খ), (গ), (ঘ) এবং (ঙ)—এই পাঁচটি নিয়মে 'অখণ্ড' শব্দের স্থলে "বাস্তব" শব্দটি ব্যবহার করলে, বাস্তব রাশিমালা তৈরীর নিয়ম পাওয়া যায়। অধিকন্তু, এক্ষেত্রে একটি নিয়ম আছে যে, বাস্তব চলরাশি বা ধ্রুবকের সূচক অখণ্ড ধ্রুবক বা অখণ্ড চলরাশি হতে পারে। যেমন,

(CAT+RAT) * * 3 বা (42.117 * RAM – 2. * ABDEC) * B 12 বা (3.14159/RADHA – SURYA * * ·5)+DEBI ফরট্রান ভাষায় বাস্তব রাশিমালার উদাহরণ।

উদাহরণ (13) : নিম্নে প্রদত্ত রাশিমালাগুলি কেন বৈধ নয়, কারণ দেখাতে হবে—

(i) 3I – 2 (ii) 30 * A * B+C (iii) INDIA * * ·5+ 2LANKA (iv) A * I+B * J+C * K (v) SURYA/NAGEN+ 2. * V2 (vi) DURGA+MAHADEB+NARAD

উত্তর—(i) 3 এবং I-এর মাঝে গুণ চিহ্ন হবে। (ii) 30 একটি অখণ্ড

ধ্রুবক, কিন্তু A, B, C, বাস্তব চলরাশি। এদের মিশিয়ে লেখা চলবে না। এরূপ ক্ষেত্রে, আমরা 30কে বাস্তব ধ্রুবক রূপে 30. লিখতে পারি। অন্যথায় A, B, Cকে অখণ্ড চলরাশি IA, IB, এবং IC রূপে লেখা যেতে পারে। যদি পূর্বাহ্নে জানা থাকে, কোন চলরাশির মান সর্বদা পূর্ণসংখ্যা, তাহলে সেক্ষেত্রে অখণ্ড চলনাম ব্যবহার করতে হবে। তা না হলে বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই বাস্তব রাশি গ্রহণ করা সুবিধাজনক।

অবশিষ্ট প্রশ্নগুলির উত্তর পাঠক নিজেই করবেন।

3.5. কয়েকটি সহজ উদাহরণ ও অগ্রাধিকার নিয়ম—পূর্বোক্ত নিয়মগুলির সাহায্যে কয়েকটি পাটীগণিতীয় রাশিমালাকে এখানে ফরট্রান ভাষায় রূপান্তর করে দেখানো হচ্ছে। সম্ভাব্য ভুলগুলির প্রতিও দৃষ্টি আকর্ষণ করা হচ্ছে।

উদাহরণ 14 : (i) 3ab (a+b) রাশিমালাকে ফরট্রান ভাষায় আমরা লিখতে পারি

3. * A * B * (A+B)

রূপে। লক্ষণীয় যে, A এবং B বাস্তব চলরাশি হওয়ায় ধ্রুবক 3কে ও বাস্তব ধ্রুবক 3. রূপে লেখা হল। b এবং (a+b)-র মাঝের গুণ চিহ্নটি কিন্তু লিখতে হবে, উহ্য রাখা চলবে না। এমনকি 3. * A * B (A+B) লিখলেও ভুল হবে।

(ii) a^2+b^2+2ab রাশিমালাকে আমরা নিম্নরূপে লিখতে পারি :

A * * 2.+B * * 2.+2. * A * B

এখানে A এবং B বাস্তব চলরাশি, কিন্তু তাদের সূচক একটি পূর্ণসংখ্যা। কাজেই a^2 ও b^2কে A * * 2 এবং B * * 2 রূপেও লেখা চলে। সূচক যদি পূর্ণসংখ্যা হয়, তবে এভাবে লেখাই বিধেয়, কারণ তখন সরাসরি গুণ করেই মানটি কমপিউটার নির্ণয় করবেন। সূচকটি বাস্তব রাশি হলে

$$a^x = e^{x \log_e a}, \quad (a>0)$$

সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা হবে। এতে সময় অনেক বেশি লাগে। উপরন্তু a-র মান ধনাত্মক হওয়া দরকার।

(iii) $\frac{ax+b}{cx-d}$ রাশিমালাকে ফরট্রান ভাষায়

(A * X+B)/(C * X−D)

রূপে লেখা যায়। এক্ষেত্রে বন্ধনীগুলো আবশ্যক এবং বন্ধনী ব্যবহার না করলে অর্থের পরিবর্তন ঘটবে।

(iv) $\frac{1}{\sqrt{1-x^4}}$ রাশিমালাকে ফরট্রান ভাষায়

1./SQRT (1.−X * * 4)

রূপে লেখা যায়। এক্ষেত্রে, 1/SQRT (1−X * * 4) লিখলে ভুল হবে, কারণ X^4 রাশিটি বাস্তব রাশি এবং 1 একটি অখণ্ড ধ্রুবক। এদের মিশিয়ে লেখা চলবে না। উপরন্তু লক্ষণীয় যে SQRT ফাংশনে বন্ধনীর ভিতরের রাশিটি বাস্তব রাশি হতে হবে।

(v) $x^5+7x^4-14x^3+14x^2-6x+10$ রাশিমালাকে ফরট্রান ভাষায়

X * * 5+7. * X * * 4−14. * X * * 3+14. * X * * 2−6. * X+10.

রূপে লেখা যায়। লক্ষ্য করার বিষয় যে, এভাবে লেখা হলে x^5-এর মান কমপিউটার সরাসরি গুণ করে নির্ণয় করবে—অর্থাৎ প্রথমে xকে x দ্বারা গুণ করে x^2, দ্বিতীয়বার গুণ করে x^3, তৃতীয়বার গুণ করে x^4 চতুর্থবার গুণ করে x^5-এর মান নির্ণয় করবে। অনুরূপভাবে, x^4-এর জন্য তিনটি, x^3-এর জন্য দুটি এবং x^2-এর জন্য একটি গুণ ক্রিয়া আবশ্যক। কাজেই প্রদত্ত রাশিমালার মান নির্ণয় করতে সর্বসাকুল্যে চোদ্দটি গুণের প্রয়োজন হবে।

রাশিমালাটিকে একটু অন্যভাবে লিখলে অনেক কম পরিশ্রমে মান নির্ণয় করা যায়। এজন্য প্রদত্ত রাশিমালাকে নিম্নরূপে লেখা হল ;

$$
\begin{aligned}
&10-6x+14x^2-14x^3+7x^4+x^5\\
&=10+x(-6+14x-14x^2+7x^3+x^4)\\
&=10+x(-6+x(14-14x+7x^2+x^3))\\
&=10+x(-6+x(14+x(-14+7x+x^2)))\\
&=10+x(-6+x(14+x(-14+x(7+x))))
\end{aligned}
$$

ফরট্রান ভাষায় লিখলে দাঁড়াবে

10.+X * (−6. + X * (14. + X * (−14. +X * (7.+X))))

এক্ষেত্রে মাত্র চারটি গুণ ক্রিয়ার প্রয়োজন।

এখানে বলা প্রয়োজন যে, কোন রাশিমালার মান নির্ণয় করতে হলে রাশিমালাটির সম্পূর্ণ মান কমপিউটার কিন্তু একবারে নির্ণয় করে না, কারণ কমপিউটার একবারে একটির বেশি ক্রিয়া সম্পন্ন করতে পারে না। কাজেই প্রশ্ন দেখা দেয়, যখন একই রাশিমালার যোগ, বিয়োগ, গুণ ইত্যাদি একাধিক পাটীগণিতীয় ক্রিয়া থাকে তখন কোন্ ক্রিয়াটি সর্বাগ্রে করা হবে, কোন্‌টি বা তার পরে হবে? এই প্রশ্নের উত্তর পাওয়া যায় **অগ্রাধিকার নিয়ম** থেকে। এই নিয়মে বলে, বন্ধনীর কাজ সর্বাগ্রে, তারপরে সূচকীকরণ, তারপরে গুণ বা ভাগ এবং তারপরে যোগ বা বিয়োগ। কমপিউটার প্রথমে রাশিমালাটি বাম দিক থেকে পাঠ করা শুরু করবে। বন্ধনী থাকলে বন্ধনীর কাজ আগে করা হবে। বন্ধনীর কাজ হয়ে গেলে কমপিউটার আবার বাম দিক থেকে পাঠ করা শুরু করবে এবং দেখবে সূচকীকরণ আছে কি না। সূচকীকরণ হয়ে গেলে, আবার বা দিক থেকে রাশিমালাটি পাঠ করবে এবং গুণ বা ভাগের মধ্যে যা প্রথমে থাকবে, তাই সম্পন্ন করবে। তারপর বাম দিক থেকে যোগ বা বিয়োগের ক্রিয়ার মধ্যে যেটি আগে আছে, সেটি আগে সম্পন্ন হবে।

উদাহরণ—15 : (i) ফরট্রান ভাষায় লেখা রাশিমালা C/A * * B+D এর মান নির্ণয় করতে কমপিউটার সূচকীকরণ অর্থাৎ A^B-এর মান প্রথমে নির্ণয় করবে। তারপর বাম দিক থেকে রাশিমালাটি পাঠ করে $\frac{C}{A^B}$ ভাগ ক্রিয়াটি সম্পন্ন করবে। সর্বশেষে, যোগ ক্রিয়া সম্পন্ন করে $\frac{C}{A^B}+D$ মান পাওয়া যাবে।

3.6. পাটীগণিতীয় বিবৃতি সংখ্যা—ফরট্রান ভাষায় পাটীগণিতীয় বিবৃতির রূপ হল

চলরাশির নাম=রাশিমালা।

যদিও বিবৃতিটিতে একটি সমতাজ্ঞাপক প্রতীক "=" রয়েছে, তবুও প্রকৃতপক্ষে এটি কোন সমীকরণ নয়। ফরট্রান সংকলক বিবৃতিটির নিম্নরূপ অর্থ করবে:

"সমীকরণ চিহ্নের ডানদিকে প্রদত্ত ফরট্রান রাশিমালার মান নির্ণয় কর এবং লব্ধ ফল বামদিকের চলরাশির নামে নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চয় কর।"

এই নির্দেশের ফলে স্মৃতিকোঠাটিতে সঞ্চিত পূর্বের মান বিলুপ্ত হবে। এই নির্দেশটি বস্তুতঃপক্ষে একটি আরোপ নির্দেশ। কাজেই, প্রবাহচিত্রে যেখানে আরোপ চিহ্ন "←" ব্যবহার করা হয়েছে, সেক্ষেত্রে ফরট্রান ভাষায় "=" হল ব্যবহৃত প্রতীক। উদাহরণস্বরূপ,

SUM=CAT+RAT

বিবৃতি দ্বারা কিন্তু CAT অর্থাৎ বিড়াল এবং RAT অর্থাৎ ইঁদুর,—এই উভয় প্রাণীর যোগফলের মান SUM বোঝায় না। তৎপরিবর্তে, এই বিবৃতি দ্বারা বোঝায় যে CAT এবং RAT নামক বাস্তব চলনাম-দ্বয়ের জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় যে মান সঞ্চিত আছে, তাদের যোগফল নির্ণয় করে SUM নামক বাস্তব চলনামের জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় মানটি সঞ্চয় করতে হবে। এর ফলে SUM নামক চলনামের স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত প্রাক্তন মান বিলুপ্ত হবে। অনুরূপভাবে,

N=N+1

ফরট্রান বিবৃতির অর্থ হল, N নামক অখণ্ড চলনামের জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানের সঙ্গে পূর্ণসংখ্যা 1 যোগ করে, যোগফল পুনরায় N-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চয় করতে হবে ; প্রাক্তন মানটি এর ফলে বিলুপ্ত হবে।

বিশেষ লক্ষণীয় যে, একটি পূর্ণসংখ্যাকে অপর একটি পূর্ণসংখ্যা দ্বারা ভাগ করা হলে ভাগফল পূর্ণসংখ্যা না হয়ে, একটি ভগ্নাংশ হতে পারে। একটি ভগ্নাংশ কিন্তু অখণ্ড চলনামের স্মৃতিকোঠায় সঞ্চয় করা যাবে না। সেক্ষেত্রে ভাগফলের অখণ্ড অংশটুকুই শুধু সঞ্চিত হবে এবং অবশিষ্টাংশ কেটে বাদ দিয়ে দেওয়া হবে।

পুনশ্চ, উপরে পাটীগণিতীয় বিবৃতি লেখার যে নিয়ম দেওয়া হয়েছে, তাতে কিন্তু বলা নেই যে চলরাশির নাম এবং রাশিমালা একই ধরনের হতে হবে। প্রকৃতপক্ষে ফরট্রান ভাষায়, একটি অখণ্ড রাশিমালাকে বাস্তব চলনামের সমান লেখা চলে এবং তদ্বিপরীত অর্থাৎ একটি বাস্তব রাশিমালাকেও অখণ্ড

চলনামের সমান লেখা চলে। তবে একটি কমপিউটার এই ধরনের মিশ্র বিবৃতির কিভাবে অর্থ করবে, তা আমরা কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে সংক্ষেপে আলোচনা করব।

উদাহরণ—16 ঃ (i) যদি I=6 হয়, তবে

$$I=5-(I/5)*5$$

রাশিমালা থেকে I-এর নতুন মান নির্ণয় করতে হবে।

সমাধান—এক্ষেত্রে, অগ্রাধিকার নিয়ম অনুযায়ী ডানদিকের রাশিমালার ভাগ ও গুণ ক্রিয়ার মধ্যে ভাগ ক্রিয়াটি আগে সম্পন্ন হবে। 6কে 5 দ্বারা ভাগ করলে ভাগফলের অখণ্ড অংশ 1 রেখে, কমপিউটার বাকী অংশটি কেটে বাদ দিয়ে দেবে। (I/5)-এর মান 1 ধরে পরবর্তী গুণ ক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হবে। 1কে 5 দিয়ে গুণ করলে গুণফল হবে 5 এবং I-এর নতুন মান 0 (শূন্য) হয়। অন্তর্বর্তী গণনা নীচে দেখানো হচ্ছে ঃ

$$\begin{aligned} I &= 5-(6/5)*5 \\ &= 5-1*5 \\ &= 5-5 \\ &= 0 \end{aligned}$$

(ii) যদি AB007=I/K

রাশিমালায় I=2, K=1 হয়, তবে কমপিউটার বাস্তব রাশি AB007কে, বাস্তব মানই প্রদান করবে অর্থাৎ I/K-এর মানকে বাস্তব সংখ্যায় রূপান্তরিত করে মান দাঁড়াবে

$$AB007=2.$$

আর যদি I=2, K=5 হয় তবে I/K ভাগফলের অখণ্ড অংশ 0 (I/K একটি অখণ্ড রাশি হবে) হওয়ায় AB007-এর মান হবে শূন্য।

(iii) INDIA=RAM/SHYAM হলে এবং RAM=4. এবং SHYAM=2. হলে INDIA স্মৃতিকোঠায় 2 সঞ্চিত হবে। RAM=5. এবং SHYAM=4. হলে INDIA স্মৃতিকোঠায় ভাগফলের অখণ্ড অংশ অর্থাৎ 1 সঞ্চিত হবে।

কোন প্রোগ্রামে পর পর অনেকগুলি ফরট্রান পাটীগণিতীয় বিবৃতি থাকতে পারে। প্রোগ্রামের প্রথম থেকে শুরু করে একের পর এক প্রদত্ত পরম্পরায়

বিবৃতিগুলি কর্মে রূপান্তরিত হবে। অনেকক্ষেত্রে আবার সিদ্ধান্ত বাক্সের ফলাফলের উপর নির্ভর করে প্রদত্ত পরম্পরার পরিবর্তন ঘটানো হয় এবং পূর্ববর্তী বা পরবর্তী কোন বিবৃতিতে যেতে হয়। দ্বিতীয় অধ্যায়ে, লুপ সম্বন্ধীয় আলোচনার সময় আমরা এরূপ পরিস্থিতির সম্মুখীন হয়েছি। এজন্য বিবৃতিগুলিকে **লেবেল** বা মার্কা দেওয়া প্রয়োজন। ফরট্রান ভাষায় অনুমোদিত লেবেলগুলি হল 1 থেকে 99999 পর্যন্ত পূর্ণসংখ্যাগুলি। দুটি আলাদা বিবৃতিতে একই লেবেল সংখ্যা থাকতে পারবে না। তবে, লেবেল সংখ্যাগুলি পর পর সাজানোর কোন প্রয়োজন নেই। এইরূপে কোন একটি বিবৃতি, ঐ বিবৃতির লেবেল সংখ্যা বা **বিবৃতি সংখ্যা** দ্বারা নির্দিষ্ট হল। যেমন, ধরা যাক

```
    Y=3.1416
    X= .02
117 Y=Y+X
 12 X=X+Y
    Y=X+2. * Y
```

এই পাঁচটি বিবৃতি পরম্পরা দ্বারা একটি প্রোগ্রাম রচিত হল। এখানে Y=Y+X এবং X=X+Y বিবৃতিদ্বয়কে যথাক্রমে 117 এবং 12 সংখ্যা দ্বারা নির্দিষ্ট করা হল। ঐ বিবৃতিদ্বয়ের বিবৃতিসংখ্যা যথাক্রমে 117 এবং 12 . বিবৃতি সংখ্যাগুলি বিবৃতিটির বাম পাশে লিখতে হবে। লক্ষণীয় যে, 117 বা 12-র পরিবর্তে অন্য পূর্ণসংখ্যা, যেমন 1 বা 9273 বা 51732 ইত্যাদিও ব্যবহার করে চলা।

3.7 চলরাশির সংজ্ঞা প্রকরণ। কয়েকটি বিশেষ ফরট্রান ফাংশন—ফরট্রান ভাষায় কোন চলরাশি ব্যবহার করতে হলে তৎপূর্বে চলরাশিটির সংজ্ঞা প্রদান করতে হবে। চলরাশিটিকে মান আরোপ করা হলেই বলা হবে যে, চলরাশিটির সংজ্ঞা প্রদান করা হল বা চলরাশিটি **সংজ্ঞাত** হল। অর্থাৎ, চলরাশিটির নামের জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় মান সঞ্চিত হলেই রাশিটি সংজ্ঞাত হবে। বিভিন্ন উপায়ে চলরাশিকে সংজ্ঞা প্রদান করা যায়। প্রথমত,

চলনাম=ধ্রুবক

বিবৃতির দ্বারা চলরাশিটি সংজ্ঞাত হবে। বলা বাহুল্য, অখণ্ড চলনামই অখণ্ড ধ্রুবকের সমান হতে পারে বা বাস্তব চলনাম বাস্তব ধ্রুবকের সমান হতে পারে। এইরূপ বিবৃতির দ্বারা, চলনামটির জন্য নির্দিষ্ট স্মৃতিকোঠায় প্রদত্ত ধ্রুবক মানটি সঞ্চিত হবে। যেমন, PI=3·14159 বা K=7 লিখলে PI এবং K নামক চলরাশিদ্বয় সংজ্ঞাত হবে।

দ্বিতীয়ত, কোন পাটীগণিতীয় বিবৃতির ডানদিকের সকল চলরাশি যদি সংজ্ঞাত হয়, তবে বামদিকের চলরাশিটিও সংজ্ঞাত হল। তৃতীয়ত, **অনুপ্রবেশ নির্দেশের** সাহায্যেও চলরাশিকে সংজ্ঞাত করা যায়। অনুপ্রবেশ নির্দেশ সম্বন্ধে পরবর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।

বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যার সমাধান করতে গিয়ে দেখা যায় যেপাটীগণিতীয় রাশিমালার মধ্যে নানা ধরনের **ফাংশন** উপস্থিত হয়। উদাহরণস্বরূপ, ধরা যাক রাশিমালাটির একটি অংশ হল, x-এর মান প্রদত্ত থাকলে e^x-এর মান নির্ণয় করা। এরূপ ক্ষেত্রে, e^x-এর মান নির্ণয় করার একটি উপায় হল e^xকে x-এর বিভিন্ন ঘাতের একটি শ্রেণীতে প্রসারিত করা এবং সেই শ্রেণীর যোগফল নির্ণয় করা। আমরা জানি,

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \cdots\cdots + \frac{x^{n-1}}{(n-1)!} + \ldots\ldots \text{(পদসংখ্যা অসীম)}$$

কিন্তু অসীম সংখ্যক পদের যোগফল নির্ণয় করা সম্ভব নয়; কাজেই আমরা প্রথম n-সংখ্যক পদের যোগফল নির্ণয় করব এবং n-এর মান এমনভাবে নির্ধারণ করতে হবে, যাতে অবশিষ্ট যে পদগুলি বাদ দেওয়া হল তাদের মান অবজ্ঞেয় হয়। এখানে একটি অসীম শ্রেণীর যোগফলের মান একটি সসীম শ্রেণীর যোগফলের মান দ্বারা আসন্নভাবে নির্ণয় করা হচ্ছে। এর ফলে কিছুটা **ভ্রান্তির** সৃষ্টি হয়, যদিও n-এর মান যথেষ্ট বৃহৎ হলে ভ্রান্তির পরিমাণও যথেষ্ট ক্ষুদ্র হয়। এরূপ n-সংখ্যক পদবিশিষ্ট শ্রেণীর যোগফল নির্ণয়ের কলনবিধি ও প্রবাহচিত্র দ্বিতীয় অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে (প্রশ্নমালা—২খ; প্রশ্ন 7 দ্রষ্টব্য)। ফরট্রান ভাষায় কিন্তু e^x-এর মান নির্ণয় করতে এরূপ বিস্তারিত গণনার প্রয়োজন হয় না। সেখানে বিশেষজ্ঞদের দ্বারা রচিত e^x-এর ন্যায় কতকগুলি বিশেষ ফাংশনের মান নির্ণয় করার প্রোগ্রাম কমপিউটারের অভ্যন্তরে সঞ্চিত থাকে, যাদের সাহায্যে কমপিউটার সরাসরি এইসব বিশেষ ফাংশনের মান নির্ণয়

করতে পারে। e^x-এর মান বোঝাতে ফরট্রান ভাষায় EXP (X) লিখতে হয়, যেখানে Xকে বাস্তব সংখ্যা হতে হবে। প্রচলিত অপর কয়েকটি বিশেষ ফাংশনের ফরট্রান রূপ নীচের সারণীতে দেওয়া হল :

গাণিতিক ফাংশন	নাম	ফরট্রান IV রূপ	বিশেষ দ্রষ্টব্য
e^x	সূচকী ফাংশন	EXP (X)	X বাস্তব সংখ্যা
$\log_e x$	প্রাকৃত লগারিদম	ALOG (X	X>0, "
$\sqrt{x}$	বর্গমূল	SQRT (X)	X>0, "
$\lvert x \rvert$	পরম মান	ABS (X)	"
sin x	সাইন	SIN (X)	"
cos x	কোসাইন	COS (X)	"
tan x	ট্যানজেন্ট	TAN (X)	"
$\sin^{-1} x$	সাইন ইনভার্স	ARSINX)	"
$\cos^{-1} x$	কস ইনভার্স	ARCOS (X)	"
$\tan^{-1} x$	ট্যান ইনভার্স	ATAN (X)	"

সারণী 3.1 গণিতে বহুল ব্যবহৃত কতকগুলি বিশেষ ফাংশনের ফরট্রান IV রূপ

ত্রিকোণমিতিক ফাংশনগুলিতে x-এর মান রেডিয়ানে প্রকাশ করতে হবে। এদের মধ্যে লগারিদম ও বর্গমূলে x-এর মান ধনাত্মক বাস্তব সংখ্যা হতে হবে। বিশেষ লক্ষণীয় যে, ইনভার্স ফাংশনগুলি শুধু **প্রিন্সিপাল অর্থাৎ প্রধান** মান প্রদান করবে। গাণিতিক ফাংশনগুলিতে x আবার অপর কোন চলরাশির ফাংশন হতে পারে। পাটীগণিতীয় রাশিমালায় কোন বিশেষ ফাংশন থাকলে, ফাংশনটির মান সর্বাগ্রে নির্ণয় করা হয়।

উদাহরণ—17 : $\frac{2t(1+\sqrt{x}-x^2)}{3+2^x-x^3}$ রাশিমালাটি ফরট্রান IV ভাষায় নিম্নরূপে লেখা যায় :

2. * T * (1.+SQRT(X) – X * X)/(3.+2. * * X – X * * 3)

লক্ষ্য করার বিষয় যে 2., 1. এবং 3. সংখ্যাগুলি বাস্তব ধ্রুবক রূপে লেখা প্রয়োজন।

উদা.–18. ফরট্রান ভাষার পাটীগণিতীয় রাশিমালা

((A * B)+D/(G * F+C) * * PI)/A * B* * C

কোন রাশিমালা রূপায়িত করে ?

সমাধান—এই প্রশ্নের সমাধানে অগ্রাধিকার নিয়ম প্রয়োগ করতে হবে। বন্ধনীভুক্ত রাশিটি সর্বাগ্রে নির্ণয় করা হবে। বন্ধনীর ভিতরেও বন্ধনী রয়েছে। কাজেই প্রথমে AB এবং GF+C রাশিদ্বয়ের মান নির্ণীত হবে এবং তারপর বন্ধনীভুক্ত সূচকীকরণ অর্থাৎ $(GF+C)^{PI}$ রাশিটি নির্ণয় করা হবে। বন্ধনীর কাজ সম্পূর্ণ ক'রে লবের মান দাঁড়ায় :

$$AB+\frac{D}{(GF+C)^{PI}}$$

হরের মান মান আসে

$A * B^C$ অর্থাৎ AB^c

কাজেই সম্পূর্ণ রাশিমালাটি হল

$$\frac{1}{AB^c}\left[AB+\frac{D}{(GF+C)^{PI}}\right].$$

উদা.—19. l sin nx+m tan 2nx রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় লিখতে হবে।

সমাধান—এক্ষেত্রে লক্ষণীয় যে ফরট্রান ভাষায় সাইন এবং ট্যানজেণ্ট বাস্তব রাশির ফাংশন হতে হবে। কাজেই, রূপান্তরিত রাশিমালাকে সরাসরি

L * SIN (N * X) + M * TAN (2 * N * X)

লিখলে ভুল হবে, কারণ L, M ও N অখণ্ড-ধ্রুবক এবং সাইন ও ট্যানজেণ্টের মান বাস্তবরূপে পাওয়া যাবে ; উপরন্তু অনুরূপ কারণে N * X এবং 2 * N * X অবৈধ। এক্ষেত্রে সকল রাশিকে আমরা বাস্তব রাশিরূপে

প্রকাশ করতে পারি এবং L-এর পরিবর্তে AL এবং M-এর পরিবর্তে AM ও N-এর পরিবর্তে AN লিখতে পারি। সুতরাং, আলোচ্য রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় রূপান্তরিত করলে দাঁড়াবে

AL * SIN (AN * X) +AM * TAN (2.* AN * X)

অবশ্য, AL, AM, AN না লিখে যথাক্রমে BL, CM, EN ইত্যাদি লিখলেও ভুল হবে না।

উদা.—20. $\frac{\sqrt{x^2-a^2}}{2\sqrt{ax+c}}+\log_e\left|\frac{x+\sqrt{x^2-a^2}}{\sqrt{ax+c\sin 2x}}\right|$ রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় লিখতে হবে।

সমাধান—এই প্রশ্নটিতে বর্গমূল, লগারিদম, পরম মান ও সাইন ফাংশনগুলি দরকার হবে। ফরট্রান ভাষায় রাশিমালাটিকে লিখলে আমরা পাই :

```
SQRT(X * X - A * A)/(2. * SQRT(A * X+C))
  +ALOG(ABS((X+SQRT(X * X - A * A))/SQRT(A*X+
     C*SIN(2. * X))))
```

লক্ষ্য রাখা দরকার যে, সর্বদা **একজোড়া** বন্ধনী চিহ্নের ভিতরে কোন রাশিমালা থাকবে এবং বন্ধনী শুরু করলে শেষও করতে হবে।

উদা.—21. $\left(\frac{\beta}{\pi}\right)^{3/2}e^{-\gamma(x-\alpha)^2}$ রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় লিখতে হবে।

সমাধান—সমস্যাটিতে α (উচ্চারণ আলফা), β (বিটা), γ (গামা) এবং π (পাই) এই চারটি গ্রীক ভাষার হরফ রয়েছে। এই হরফগুলি ফরট্রান ভাষায় চলবে না। তৎপরিবর্তে ফরট্রান ভাষায় আমরা যথাক্রমে ALPHA, BETA, GAMMA এবং PI নামগুলি ব্যবহার করব। প্রদত্ত রাশিমালাটির ফরট্রান ভাষার রূপ দাঁড়াবে

```
( ( BETA/PI) * * 1·5) * EXP (-GAMMA * ( X-ALPHA)
* *2 )
```

উদা.—22. নিম্নে প্রদত্ত প্রোগ্রাম থেকে Y-এর সর্বশেষ মান নির্ণয় কর :

```
Y=1·73
H=·01
Y=Y+H
N=2. * Y+H
Y=N
Y=Y/20.
```

সমাধান—পরপর কতকগুলি পাটীগণিতীয় বিবৃতি থাকলে, সেই পরম্পরা অনুযায়ী কমপিউটার গণনা করবে। এক একটি বিবৃতি অনুযায়ী ক্রিয়া সাধন করার পর বিভিন্ন স্মৃতিকোঠায় মানের যে পরিবর্তন হচ্ছে তা নিম্নে তালিকা আকারে দেখানো হল :

বিবৃতি	Y-এর স্মৃতি-কোঠায় সঞ্চিত মান	H-এর স্মৃতি-কোঠায় সঞ্চিত মান	N-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মান
Y=1·73	1·73	অজানা প্রাক্তন মান	অজানা প্রাক্তন মান
H=·01	1·73	·01	অজানা প্রাক্তন মান
Y=Y+H	1·74	·01	আজানা প্রাক্তন মান
N=2·*Y+H	1·74	·01	3
Y=N	3.	·01	3
Y=Y/20.	·15	·01	3

এখানে লক্ষণীয় যে, N=2. *Y+H বিবৃতি অনুযায়ী ডানদিকের রাশিমালার মান আসে 3·49 (=2. * 1·74+·01)। এই বাস্তব সংখ্যা কিন্তু অখণ্ড চলনাম N-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত হবে না। তৎপরিবর্তে সংখ্যাটির ভগ্নাংশ কেটে বাদ দিয়ে দেওয়া হবে এবং অখণ্ড অংশ 3 সংখ্যাটি N-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত হবে।

প্রশ্নমালা—3

1. কারণ নির্দেশপূর্বক বল, নিম্নের সংখ্যাগুলি বৈধ অখণ্ড ধ্রুবক কিনা ঃ
(i) −99,999 (ii) 40·0 (iii) −555 (iv) 1 (v) -5×10^{3}

2. কারণ নির্দেশপূর্বক বল, নিম্নের সংখ্যাগুলি বৈধ বাস্তব ধ্রুবক কিনা ঃ
(i) 1 (ii) −99,999 (iii) 4000. (iv) −1/5. (v) -5×10^{3}

3. কারণ নির্দেশপূর্বক বল, নিম্নের সংখ্যাগুলি বাস্তব ধ্রুবকের বৈধ সূচকী রূপ কিনা :

(i) $\frac{22}{7}$ (ii) 22 E7 (iii) 22. E07 (iv) 22. E+07 (v) 3·172 E−1 (vi) 1. E (vii) −99,999 E−1 (ix) −3·14 E·5

4. নিম্নের সংখ্যাগুলিতে কয়টি সার্থক অঙ্ক আছে ?

(i) −555 (ii) 40·01 (iii) 3·14159 (iv) 57000. (v) ·000571 (vi) ·000501 (vii) ·12300 (viii) $\cdot 12300 \times 10^2$

5. তিন দশমিক স্থান পর্যন্ত নিম্নের সংখ্যাগুলির শুদ্ধমান নির্ণয় কর :

(i) 65·83546 (ii) 3·14159 (iii) ·01789 (iv) 712·02450 (v) ·00350

6. সার্থক চার অঙ্ক পর্যন্ত নিম্নের সংখ্যাগুলির শুদ্ধমান নির্ণয় কর :

(i) 72.8541 (ii) 73487 (iii) ·00539450 (iv) 51615 (v) 462040. (vi) ·080046 (vii) 238070.

7. কারণ নির্দেশপূর্বক বল, নিম্নের নামগুলি বৈধ অখণ্ড অথবা বৈধ বাস্তব চলনাম কিনা :

(i) RAM (ii) B. DAS (iii) B DAS (iv) U. N. O. (v) VOL−1 (vi) IA104 (vii) IFA (viii) MCS (ix) X2. (x) 8B (xi) 8.B (xii) 41/1A (xiii) OMEGA (xiv) XIV (xv) M.Sen (xvi) CHANDRA

8. কারণ নির্দেশপূর্বক বল, নিম্নে প্রদত্ত রাশিমালাগুলি ফরট্রান ভাষায় বৈধ কিনা এবং অবৈধ হলে বৈধ রূপটি লেখ :

(i) RAM+2. * BDAS (ii) 2. * OMEGA−UNO * * 3

(iii) X2+VOL1/−3. (iv) −(FCI+3 * PI * * 2)/DOG

(v) N (N+1) (2N+1)/6 (vi) N * * 3/2+N * * /3

(vii) 2. * DURGA+3*NARAD (viii) A ** I+B ** J+C ** K

(ix) N * * 1·5 (x) K * * (−2)

9. $\frac{1}{1+x}$ রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় 1/(1+X) লিখলে, কি ভুল হল ? রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় বৈধ রূপে লেখ।

10. $\frac{a^3+b^3}{-4}$ রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় (A * * 3+B * * 3)/ −4 লিখলে, কি ভুল হল ? বৈধ রূপে লেখ।

11. $\frac{2a+b}{3a-b}$ রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় 2. * A+B/(3. * A−B) লিখলে কি ভুল হল ? শুদ্ধ রূপটি লেখ।

12. $\frac{1}{2}mv^2+mgh$ রাশিমালাটিকে M * V * V/2.+M * G * H লিখলে, কি ভুল হল ? বৈধ রূপে লেখ।

13. nl+tan nl রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় N * L+TAN (N * L) লিখলে, কি ভুল হল ? রাশিমালাটিকে ফরট্রান ভাষায় বৈধ রূপে লেখ।

14. নিম্নলিখিত রাশিমালা গুলিকে ফরট্রান ভাষায় রূপান্তরিত কর :

(i) $3.5x^4+5.73\,x^3-1{\cdot}001\,x^3+7{\cdot}4$

(ii) $s=ut+\frac{1}{2}ft^2$ (iii) $\sqrt{(n-m)^2}$

(iv) $a\cos nx+b\sin mx+c$ (v) $\frac{\sin\sqrt{nx}}{a+b\log_e x}$

(vi) $1\,e^{-kt}$ (vii) $4\tan 46°+5\,(\log_e|x|)^3$

(viii) $\log_e\left|\frac{ab}{c-d}\right|$ (ix) $\sqrt{\frac{3x+4y}{x^2+5x+6}}$ (x) $\frac{1+xe^{-|x|}}{1-3x}$

(xi) $\frac{e^{-\alpha x^2}}{\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}\sin(nt+\epsilon)$

15. নিম্নে প্রদত্ত ফরট্রান রাশিমালাগুলিকে পাটীগণিতীয় রূপে প্রকাশ কর :

(i) C+D/(A−B)

(ii) (A+B)*(A**2−2.*A*B+B**2)

(iii) C/(D**F*G+H)+A/B

(iv) A*C/(D+E**A/B+P)+X

(v) ALPHA*SIN (OMEGA*T+EPSLN)/
SQRT (ALPHA**3+OMEGA**3)

(vi) (1.−EXP (−ALPHA*SQRT (2.*X)))/
(4.+X*EXP (−ABS (2.*X)))

16. ফরট্রান ভাষায় পাটীগণিতীয় রাশিমালা

H**A/C+C/(A**B−D)−E**B*F

কোন্ রাশিমালা রূপায়িত করে ?

17. যদি L=2 এবং M=3 হয়, তবে নিম্নে প্রদত্ত ফরট্রান রাশিমালা থেকে N-এর মান নির্ণয় কর :

(i) N=L * * 3−M * * 3/8

(ii) N=2 * L/3+5 * M * * 2/10+1/4

(iii) N=2 * L/3+5 * (M * * 2/10)+1/4

18. নিম্নে প্রদত্ত প্রোগ্রাম থেকে N-এর সর্বশেষ মান নির্ণয় কর :

```
N=5
INDIA=N * * N
JB007=N+2 * INDIA/100
N=N+INDIA/JB007
```

19. নিম্নে প্রদত্ত প্রোগ্রাম থেকে X-এর সর্বশেষ মান নির্ণয় কর :

```
X=·01
H=·005
X=(X+H) * 100.+1.5
N=X+2. * H+6.1
X=N
X=X/5.
```

20. x+y=2 সমীকরণটিকে ফরট্রান ভাষায়

X+Y=2.

লিখলে, কি ভুল হবে ? সমীকরণটিকে বৈধরূপে প্রকাশ কর।

21. কারণ নির্দেশপূর্বক বল নিম্নের বিবৃতিগুলি বৈধ না অবৈধ :

(i) −V=A+B

(ii) A−3.96=X * * 1.67+8.2

(iii) Z2=A * −B+C * * 4

(iv) X=(A+6) * * 2

(v) R=1.69 X+AB

সংখ্যাদ্বয়ের ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য যথাক্রমে আট এবং তেরো স্তম্ভ হবে। দৈর্ঘ্য গণনার সময় সংখ্যাটির চিহ্ন ও দশমিক বিন্দুকে একটি করে হরফ ধরতে হবে। প্রথম সংখ্যাটিতে দশমিক বিন্দুর পরে পাঁচটি অঙ্ক এবং দ্বিতীয় সংখ্যাটিতে ছয়টি অঙ্ক আছে। সূচকীরূপে সাধারণতঃ প্রথমে সংখ্যাটির **অংশকের** চিহ্ন, তারপরে শূন্য এবং দশমিক বিন্দু লেখা হয়; আর সূচকাংশে E হরফের পরে ধন বা ঋণ চিহ্ন এবং দুটি অঙ্ক লেখা হয়। আলোচ্য সংখ্যাটিতে যদি ছয়টি সার্থক অঙ্ক থাকে, তবে সংখ্যাটির সূচকীরূপের ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য কমপক্ষে তেরো হবে। (দেখতে ভালো দেখায় বলে, দুটি সংখ্যা কার্ডে ছিদ্রিত করার সময় মাঝে কতকগুলি স্তম্ভ ফাঁকা রাখা সম্ভব।) এক্ষেত্রে, সংখ্যাদ্বয়ের ফর্মা বিবৃতি নিম্নরূপে লেখা যায়:

m FORMAT (F8.5, E13.6)

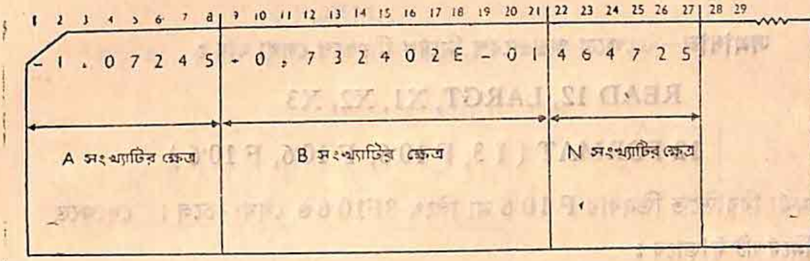
যেখানে ফর্মা বিবৃতির বিবৃতিসংখ্যা m দ্বারা সূচিত করা হয়েছে; বন্ধনী চিহ্ন এবং মাঝের কমা চিহ্ন আবশ্যকীয়। বন্ধনীর ভিতরে প্রথম বক্তব্যটি রীড নির্দেশের প্রথম চলরাশির এবং দ্বিতীয়টি রীড নির্দেশের দ্বিতীয় চলরাশির বর্ণনা দেয়। ফর্মা বিবৃতিতে বন্ধনীর ভিতরে F8.5 বক্তব্যের দ্বারা বোঝানো হয়েছে যে সংখ্যাটি ভগ্নাংশরূপে 8 (আট)টি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে পাঁচটি অঙ্ক রয়েছে। অনুরূপভাবে E 13.6 বক্তব্য দ্বারা বোঝানো হয়েছে যে সংখ্যাটি সূচকীরূপে 13 (তেরো)টি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং সংখ্যাটির অংশকে দশমিক বিন্দুর পরে 6 (ছয়)টি অঙ্ক রয়েছে।

আবার, আলোচ্য সংখ্যাটি পূর্ণসংখ্যা হলে I অক্ষর লিখে সংখ্যাটির ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য লিখতে হবে। যেমন, N=464725 পূর্ণ সংখ্যাটিকে ফর্মা বিবৃতিতে বন্ধনীর ভিতরে I6 বক্তব্যের দ্বারা আমরা প্রকাশ করতে পারি। উপরে আলোচিত A, B এবং N সংখ্যা তিনটি নিম্নে প্রদত্ত রীড ও ফর্মা বিবৃতির দ্বারা যন্ত্রগণকে অনুপ্রবেশ করানো যাবে:

```
READ 5, A, B, N
5 FORMAT ( F 8.5, E 13.6, I 6 )
```

বিবৃতি সংখ্যা 5 এখানে খুশীমত বেছে নেওয়া হয়েছে এবং 5-এর পরিবর্তে অন্য কোন সুবিধাজনক ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা (99999-এর চেয়ে বড় নয়) গ্রহণ করা চলত। ফর্মা বিবৃতিতে বিবৃতি সংখ্যা থাকা আবশ্যকীয়।

A, B ও N সংখ্যা তিনটি একটি যন্ত্রগণকে অনুপ্রবেশ করাতে হলে, একটি পাঞ্চ কার্ডের প্রথম আটটি স্তম্ভে A সংখ্যাটি, পরবর্তী তেরোটি স্তম্ভে B সংখ্যাটি এবং তৎপরবর্তী ছয়টি স্তম্ভে N সংখ্যাটি ছিদ্রিত করা হবে (চিত্র 4·1)।



চিত্র 4·1 সংখ্যার ক্ষেত্র ও তিনটি সংখ্যা কার্ডে ছিদ্রিত করার উদাহরণ

কার্ডটির শীর্ষদেশে 1 2 3···28 29···ইত্যাদি অঙ্কের দ্বারা কার্ডের আশিটি স্তম্ভের মধ্যে প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় ইত্যাদি স্তম্ভ বোঝানো হয়েছে।

উদাহরণ—1 : A1, B2 এবং JB007 সংখ্যা তিনটি অনুপ্রবেশ করার নির্দেশ লিখতে হবে, যেখানে প্রদত্ত আছে যে, A1 সংখ্যাটি সূচকী-রূপে 15টি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে আটটি অঙ্ক রয়েছে, B2 সংখ্যাটি ভগ্নাংশরূপে আটটি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে পাঁচটি অঙ্ক রয়েছে, আর JB007 সংখ্যাটিতে তিনটি অঙ্ক অখণ্ডরূপে রয়েছে।

সমাধান—এখানে অনুপ্রবেশ নির্দেশটি নিম্নরূপে লেখা যায় :

```
READ 7, A1, B2, JB007
7 FORMAT (E 15·8, F 8·5, I4 )
```

সংখ্যা তিনটি একটি যন্ত্রগণকে অনুপ্রবেশ করাতে হলে, একটি পাঞ্চ কার্ডের প্রথম পনেরোটি স্তম্ভ জুড়ে A1 সংখ্যাটি, পরবর্তী আটটি, স্তম্ভ জুড়ে B2 সংখ্যাটি এবং তৎপরবর্তী চারটি স্তম্ভ জুড়ে JB007 সংখ্যাটি ছিদ্রিত করতে হবে। লক্ষ্য করা প্রয়োজন যে, JB007 সংখ্যাটিতে তিনটি অঙ্ক রয়েছে, কিন্তু তার চিহ্ন কি তা, বলা হয়নি। সংখ্যাটি ঋণাত্মক হলে তার ক্ষেত্র-দৈর্ঘ্য হবে চার। তাই এখানে সংখ্যাটির বর্ণনায় I4 লেখা হয়েছে।

চতুর্থ অধ্যায়

অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশ

কোন তথ্য কমপিউটারে অনুপ্রবেশ করাতে হলে **অনুপ্রবেশ নির্দেশ** ব্যবহার করা যায়। আর **নির্গম নির্দেশের** দ্বারা সমস্যার ফলাফল কাগজে ছেপে বা কার্ডে ছিদ্রিত হয়ে বেরিয়ে আসে। অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশ ব্যতীত কোন প্রোগ্রাম রচনার কাজই সম্পূর্ণ হয় না। খুব সহজ সমস্যার আলোচনায়, কোন কোন ক্ষেত্রে অবশ্য আলাদা করে অনুপ্রবেশ নির্দেশ না দিলেও চলে, কিন্তু নির্গম নির্দেশ সকল প্রোগ্রামেই থাকা প্রয়োজন। ইতিপূর্বে প্রবাহচিত্র রচনার সময় READ এবং PRINT নির্দেশদ্বয় ব্যবহার করা হয়েছে, যা যথাক্রমে অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশ রূপায়িত করে। অনুপ্রবেশ তথ্যের মধ্যে যে সকল সংখ্যা থাকে সেগুলি দশমিক সংখ্যারূপে কমপিউটারে অনুপ্রবিষ্ট হয়। দশমিক সংখ্যাগুলিকে কমপিউটারের সংকলক দ্বিনিধানী সংখ্যায় রূপান্তরিত করে নেয়। তেমনিভাবে ফলাফল ছেপে বেরোবার আগে বিভিন্ন স্মৃতি-কোঠায় সঞ্চিত দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলিকে পুনরায় দশমিকে রূপান্তরিত করে ছাপা হয়।

ফরট্রান ভাষায় অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশ বিভিন্ন ধরনের হতে পারে, এবং বিশদ বিবেচনায়, কমপিউটার ভেদে নির্দেশগুলি বিভিন্ন হতে পারে। এই অধ্যায়ে মুখ্য অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশগুলি সংক্ষেপে আলোচনা করা হবে।

4.1 রীড ও ফর্মা—কোন তথ্য যন্ত্রগণকে অনুপ্রবিষ্ট করার জন্য READ বা রীড নির্দেশ ব্যবহার করা হয়। সাধারণতঃ আমরা কোন চলরাশির মান অনুপ্রবেশ করাতে চাই। যে যে চলরাশির মান অনুপ্রবেশ করাতে চাই, READ নির্দেশে সেই রাশিগুলির নাম বলতে হবে। শুধু নাম

বলাই কিন্তু যথেষ্ট নয়। জানতে হবে, অনুপ্রবেশের জন্য কার্ড ব্যবহার করা হবে, না কাগজের টেপ ব্যবহার করা হবে—নাকি অন্য কোন উপায় অবলম্বন করা হবে। উপরন্তু, যে সংখ্যাগুলি অনুপ্রবিষ্ট হবে, সেগুলি অখণ্ড সংখ্যা না বাস্তব সংখ্যা, এবং বাস্তব সংখ্যা হলে ভগ্নাংশরূপে আছে না সূচকীরূপে আছে, তাও জানা প্রয়োজন। এতদ্ব্যতীত, সংখ্যাটির দৈর্ঘ্য কত এবং দশমিক বিন্দু থাকলে বিন্দুর পরে কয়টি অঙ্ক আছে তাও জানা দরকার। এই সমস্ত আনুষঙ্গিক তথ্য FORMAT বিবৃতির মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। রীড নির্দেশের সঙ্গে ফর্মা বিবৃতি অঙ্গাঙ্গীভাবে জড়িত এবং ফর্মা বিবৃতি ব্যতীত রীড নির্দেশ অসম্পূর্ণ থেকে যায়। যে চলরাশিগুলির মান অনুপ্রবিষ্ট হবে, রীড নির্দেশে তাদের নাম এবং আনুষঙ্গিক ফর্মা বিবৃতির বিবৃতি সংখ্যা লিখতে হবে। যদি A এবং B চলরাশিদ্বয়ের মান অনুপ্রবেশ করাতে হয়, তবে রীড নির্দেশটি আমরা লিখতে পারি :

READ m, A, B

যেখানে m দ্বারা A, B চলরাশির সংশ্লিষ্ট ফর্মা বিবৃতির বিবৃতি সংখ্যা বুঝায়। বিবৃতি সংখ্যা এবং চলরাশিগুলির মধ্যবর্তী কমা চিহ্ন আবশ্যকীয়।

ফরট্রান ভাষার সংকলকের জন্য সাধারণতঃ **সাংখ্যিক তথ্য** পাঞ্চ কার্ড বা ছিদ্রকার্ডের মাধ্যমে অনুপ্রবিষ্ট হয়। পাঞ্চ কার্ডে আশিটি স্তম্ভ থাকে এবং প্রতিটি স্তম্ভে একটি করে ফরট্রান হরফ ছিদ্র করে লেখা যায়। স্মরণ থাকতে পারে যে, ফরট্রান হরফের মধ্যে ইংরেজী বড় হাতের অক্ষর, দশমিক অঙ্ক এবং বিশেষ কয়েকটি চিহ্ন গণ্য হয় (3.1 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)। ইতিপূর্বে আমরা দেখেছি ফরট্রান ধ্রুবক তিন রূপের হতে পারে, (i) অখণ্ড, (ii) ভগ্নাংশ এবং (iii) সূচকীরূপ। ফর্মা বিবৃতিতে যথাক্রমে I, F এবং E অক্ষর দ্বারা এই তিনটি রূপ বোঝাবে।*

কোন একটি সংখ্যা পাঞ্চ কার্ডের যে কয়টি স্তম্ভ জুড়ে থাকবে, সেগুলিকে সংখ্যাটির **ক্ষেত্র** বলা হয়। ফর্মা বিবৃতিতে আলোচ্য সংখ্যাটির ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য এবং দশমিক বিন্দুর পরে কয়টি অঙ্ক আছে, তা বলতে হবে। A এবং B সংখ্যা দুটি যদি যথাক্রমে $A=-1.07245$ এবং $B=+0.732402$ E-O1 হয়, তবে

* I অক্ষরটি INTEGER-এর সংক্ষিপ্ত রূপ। আর FRACTION-এর সংক্ষিপ্ত রূপ হল F এবং EXPONENT-এর সংক্ষিপ্ত রূপ হল E.

উদা.—2 : LARGT, X1, X2, X3 এই চারটি সংখ্যার মধ্যে প্রথমটিতে দুটি অঙ্ক আছে, এবং X1, X2, X3 সংখ্যা তিনটিতে দশমিক বিন্দুর পরে ছয়টি অঙ্ক রয়েছে, এবং প্রত্যেকটিই ভগ্নাংশরূপে দশটি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে। সংখ্যা চারটির জন্য অনুপ্রবেশ নির্দেশ লিখতে হবে।

সমাধান—এক্ষেত্রে অনুপ্রবেশ নির্দেশ নিম্নরূপে লেখা যায় :

READ 12, LARGT, X1, X2, X3

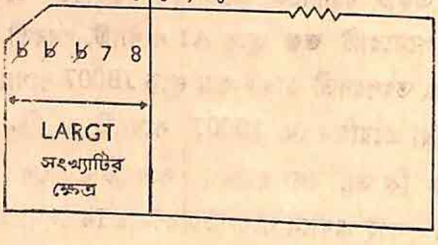
12 FORMAT (I 3, F 10·6, F 10·6, F 10·6)

ফর্মা বিবৃতিতে তিনবার F 10·6 না লিখে 3F10·6ও লেখা চলে। সেক্ষেত্রে নির্দেশটি দাঁড়াবে :

READ 12, LARGT, X1, X2, X3

12 FORMAT (I3, 3 F10·6)

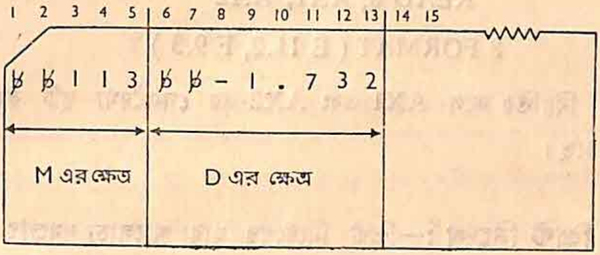
এই সমস্যার LARGT সংখ্যাটিতে দুটি মাত্র অঙ্ক আছে কিন্তু তার চিহ্ন ধন বা ঋণ হতে পারে। সেজন্য ফর্মা বিবৃতিতে I3 লেখা হয়েছে। তৎপরিবর্তে যদি I5 লেখা হত, তাহলে বোঝা যেত যে LARGT সংখ্যাটি পাঞ্চ কার্ডের প্রথম পাঁচটি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে। কিন্তু জানা আছে যে সংখ্যাটিতে মাত্র দুটি অঙ্ক রয়েছে। কাজেই সংখ্যাটি ধনাত্মক হলে অবশিষ্ট তিনটি স্তম্ভ ফাঁকা থাকবে। রীতি হল, ফাঁকা স্তম্ভগুলি সংখ্যাটির বামদিকে থাকবে। একটি ফাঁকা স্তম্ভ বা স্থান বোঝানোর জন্য আমরা "b̸" প্রতীকটি ব্যবহার কর । উদাহরণস্বরূপ, LARGT-এর মান 78 হলে এবং ফর্মা বিবৃতিতে I5 ব্যবহার করা হলে, একটি পাঞ্চ কার্ডে সংখ্যাটি নিম্নরূপে ছিদ্রিত করা হবে।



উদা.—3 ঃ যদি M সংখ্যার মান 113 হয় এবং D-এর মান −1.732 হয়, এবং রীড নির্দেশটি নিম্নরূপ হয় ঃ

READ 6, M, D
6 FORMAT (I5, F 8.3)

তবে সংখ্যাগুলি নিম্নরূপে ছিদ্রিত করা যায় ঃ

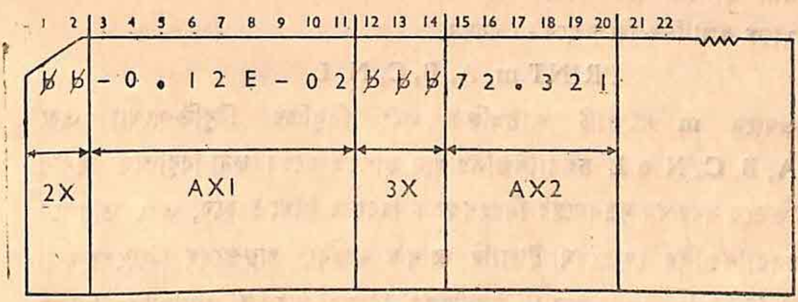


কোন সংখ্যার ডানদিকে বা মাঝে যদি ফাঁকা থাকে, তবে যন্ত্রগণকের সংকলক তাকে শূন্য বলে ধরবে। উদাহরণস্বরূপ, কোন সংখ্যা যদি বামদিকের প্রথম স্তম্ভ থেকে শুরু করে b 113 b রূপে ছিদ্রিত করা হয় এবং ফর্মাতে I5 বলা থাকে, তবে সংখ্যাটিকে 1130 ধরা হবে।

ফর্মা বিবৃতিতে আবার nX প্রতীক দ্বারা n সংখ্যক স্তম্ভ বা স্থান ফাঁকা রাখা যেতে পারে। যেমন, উদাহরণ 3-এর ফর্মা বিবৃতি নিম্নরূপে লেখা যায় ঃ

READ 6, M, D
6 FORMAT (2X, I3, 2X, F 6.3)

উদা.—4 ঃ একটি তথ্য সমন্বিত পাঞ্চ কার্ড নিম্নরূপে ছিদ্রিত আছে ঃ



অনুপ্রবেশ নির্দেশটি কিরূপ হবে ?

সমাধান—অনুপ্রবেশ নির্দেশ নিম্নরূপে লেখা চলে :

```
READ 8, AX1, AX2
8 FORMAT ( 2X, E 9.2, 3X, F 6.3 )
```

বিকল্পরূপে, আলোচ্য অনুপ্রবেশ নির্দেশ নিম্নরূপও হতে পারে :

```
READ 8, AX1, AX2
8 FORMAT ( E 11.2, F 9.3 )
```

এই ফর্মা বিবৃতির ফলে AX1 এবং AX2-এর ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য দুটি করে স্তম্ভ বৃদ্ধি পেয়েছে।

4·2 প্রিণ্ট নির্দেশ :—প্রিণ্ট নির্দেশের দ্বারা আলোচ্য সমস্যার ফলাফল ছেপে বেরিয়ে আসে। এটি একটি নির্গম নির্দেশ। একটি বা একাধিক স্মৃতিকোঠা থেকে ফলাফল সংগ্রহ করে ছেপে বের করা নির্গম নির্দেশের কাজ। রীড নির্দেশের সঙ্গে প্রিণ্ট নির্দেশের অনেকাংশে মিল আছে। তবে, ফলাফল-রূপে যে সংখ্যাগুলি ছাপতে হবে, তাদের পরিমাণ সম্বন্ধে পূর্বাহ্ণে কোন সঠিক ধারণা আমাদের থাকে না। কাজেই রাশিগুলির মান ছাপার জন্য একটু বেশি করেই জায়গা ফাঁকা রাখতে হয়। প্রিণ্ট নির্দেশের সঙ্গে ফর্মা বিবৃতি লেখা আবশ্যকীয়।

প্রিণ্ট নির্দেশে PRINT শব্দটি লিখে, আনুষঙ্গিক ফর্মা বিবৃতির বিবৃতি-সংখ্যা লিখতে হবে ; অতঃপর একটি কমা চিহ্ন লিখে যে চলরাশিগুলির মান ছাপতে হবে তাদের নাম পর পর লিখতে হবে এবং প্রত্যেকটি নামের মাঝে কমা চিহ্ন দিতে হবে। যেমন,

```
PRINT m, A, B, C, N, L
```

এখানে m সংখ্যাটি আনুষঙ্গিক ফর্মা বিবৃতির বিবৃতি-সংখ্যা এবং A, B, C, N ও L চলরাশিগুলির মান ছাপতে হবে। ফর্মা বিবৃতিতে বন্ধনীর ভিতরে সর্বপ্রথম মুদ্রণযন্ত্রের নিয়ন্ত্রণসূচক সংকেত লিখতে হবে, এবং তারপরে চলরাশিগুলির ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য ইত্যাদি জ্ঞাপক বক্তব্য, অনুপ্রবেশ নির্দেশের ফর্মা বিবৃতির ন্যায় লিখতে হবে। মুদ্রণযন্ত্রের নিয়ন্ত্রণ সংকেত. সাধারণতঃ বিভিন্ন যন্ত্রগণকে বিভিন্ন ধরনের হয় এবং কোন যন্ত্রগণকের গঠনের বিবরণ থেকে

জানা যায় ঐ যন্ত্রগণকের সংকেতটি কিরূপ হবে। অনেক কমপিউটারে যে সংকেত ব্যবহৃত হয়, তা নিম্নরূপ ঃ

সংকেত	ব্যাখ্যা
1X অথবা 1H$\not b$	ছাপার পূর্বে নতুন লাইন শুরু
1HO	ছাপার পূর্বে এক লাইন ছাড় ও নতুন লাইন শুরু
1H1	ছাপার পূর্বে এক পাতা ছাড় ও নতুন লাইন শুরু

উদাহরণস্বরূপ, A, B, C সংখ্যাগুলিতে যদি দশমিক বিন্দুর পরে আটটি করে অঙ্ক থাকে এবং A, B, C সূচকীরূপে থাকে, আর N ও L ধনাত্মক আট অঙ্ক বিশিষ্ট পূর্ণসংখ্যা হয়, তাহলে উপরের নির্গম নির্দেশের সংশ্লিষ্ট ফর্মা বিবৃতি আমরা নিম্নরূপে লিখতে পারি ঃ

m FORMAT (I H $\not b$, 3 E 15·8, 2 I 8)

এই নির্দেশের ফলে A, B, C, N এবং L-এর মান একটি নতুন লাইনে ছাপা হবে এবং সবগুলি মান একই লাইনে ছাপা হবে। এক একটি লাইনে 120টি হরফ ছেপে লেখা যায়। (কোন কোন লাইন প্রিণ্টার যন্ত্রে প্রত্যেক লাইনে 132টি হরফ ধরে।) লাইনটির প্রথম পনেরো হরফ স্থান বা স্তম্ভ জুড়ে A-র মান, পরবর্তী পনেরো স্তম্ভ জুড়ে B-এর মান, তারপরের পনেরো স্তম্ভ জুড়ে C-এর মান, তারপরের আটটি স্তম্ভে অখণ্ড রাশি N-এর মান এবং তারপরের আটটি স্তম্ভ জুড়ে L-এর মান ছাপা হবে।

যে ফলাফলগুলি ছাপতে হবে, তাদের মান সম্বন্ধে যদি পূর্বে কিছু জানা না থাকে, তবে সূচকীরূপ ব্যবহার করাই সুবিধাজনক। এরূপ সংখ্যার ফর্মা বিবৃতি বেশির ভাগ ক্ষেত্রেই E 15.8 নেওয়া যেতে পারে। তাহলে, সংখ্যাটির অংশকে দশমিক বিন্দুর পরে আটটি সার্থক অঙ্কের মান ছাপা হবে। লক্ষণীয় যে, সূচকীরূপে কোন সংখ্যা লিখতে গেলে সংখ্যাটির ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য 7-এর অধিক হওয়া আবশ্যক। কারণ রীতি অনুযায়ী, সূচকীরূপে প্রথমে অংশকের চিহ্ন, তারপরে একটি শূন্য, তারপরে দশমিক বিন্দু, তারপরে দশমিক বিন্দুর পরবর্তী অঙ্কগুলি, তারপরে E হরফ, ধন বা ঋণ চিহ্ন এবং সূচকের দুটি অঙ্ক

ছাপা হবে। যেমন, (i) $-2{\cdot}4701207 \times 10^2$ এবং (ii) $72{\cdot}401891 \times 10^{-1}$ সংখ্যাদ্বয়কে ছাপার সময়, আগে প্রকৃত সূচকীরূপে প্রকাশ করে যথাক্রমে −·24701207 E3 এবং +·72401891 E1 পাওয়া যাবে। এখানে অংশকগুলি হল যথাক্রমে −·24701207 এবং ·72401891। সংখ্যা দুটিকে নিম্নরূপে ছাপা হবে :

−·24701207 E+03		+0·72401891 E+01
←প্রথম সংখ্যার ক্ষেত্র→	←দ্বিতীয় সংখ্যার ক্ষেত্র→

উদাহরণগুলি থেকে দেখা যাচ্ছে, দশমিক বিন্দুর পরবর্তী অঙ্কগুলি হিসেবে না ধরেই লেখার জন্য সাতটি করে স্তম্ভ প্রয়োজন হচ্ছে। কাজেই সূচকীরূপে লেখার জন্য ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য, দশমিক বিন্দুর পরে যে কয়টি অঙ্ক রয়েছে তার চেয়ে ন্যূনপক্ষে সাত বেশি হবে।

উদা. : 5. CAT এবং RAT বাস্তব চলরাশিদ্বয়ের মান একের চেয়ে ছোট এবং দশমিক বিন্দুর পরে চারটি করে অঙ্ক আছে। এক্ষেত্রে নির্গম নির্দেশ নিম্নরূপে লেখা যায় :

```
      PRINT 13, CAT, RAT
   13 FORMAT ( 1 H ␢, F 11.4, F 11.4 )
```

ফর্মা বিবৃতিটি ইচ্ছে করলে একটু অন্যভাবেও লেখা যায়। যেমন,

```
   13 FORMAT ( 1HO, 5X, F 6.4, 5X, F 6.4 )
```

অথবা

```
   13 FORMAT ( 1HO, 2 F 11.4)
```

এখানে, CAT বা RAT-এর ক্ষেত্রদৈর্ঘ 6 স্তম্ভ, কারণ দশমিক বিন্দুর পরে চারটি অঙ্ক আছে এবং দশমিক বিন্দু ও তৎপূর্বে ধন বা ঋণ চিহ্ন—সব মিলিয়ে 6· ফর্মা বিবৃতিতে F 11.4 লেখার ফলে, সংখ্যা দুটির বামদিকে পাঁচটি করে ফাঁকা স্তম্ভ থাকবে। ছাপাযন্ত্রের নিয়ন্ত্রণ সংকেত 1 HO লিখলে ছাপার আগে একটি লাইন সম্পূর্ণ বাদ দিয়ে নতুন লাইনে লেখা শুরু হবে। CAT এবং RAT-এর মান যদি যথাক্রমে —·5732 এবং ·8901 হয়, তবে সংখ্যাদ্বয় নিম্নরূপে ছাপা হবে :

␢ ␢ ␢ ␢ ␢ − ·5 7 3 2 ␢ ␢ ␢ ␢ ␢ ␢ ·8 9 0 1

দ্বিতীয় সংখ্যাটি ধনাত্মক এবং ধন চিহ্ন ছাপা হবে না। তৎপরিবর্তে একটি স্তম্ভ ফাঁকা থাকবে। প্রিণ্ট নির্দেশে প্রয়োজনের কিছু বেশি স্থান ছাপার

জন্য রেখে দেওয়া উচিত। মান ছাপার পক্ষে যথেষ্ট স্থান না থাকলে কতকগুলি তারকাচিহ্ন ছাপা হবে। পরবর্তী উদাহরণ দ্রষ্টব্য।

উদাহরণ 6. কোন প্রোগ্রামে নিম্নলিখিত মানগুলি রয়েছে :

$X = -25{\cdot}0732,\ Y = 12{\cdot}478 \times 10^{-4},\ L = 412$

```
      PRINT 15, X, Y, L
   15 FORMAT ( 1Hb̸, F 10.4, E10.5, I5 )
```

এক্ষেত্রে, যন্ত্রগণক যে মানগুলি ছাপবে তা নিম্নরূপ :

b̸ b̸ – 2 5 ·0 7 3 2 * * * * * * * * * * b̸ b̸ 4 1 2

এক্ষেত্রে Y-এর মানটি স্থানাভাবের জন্য ছাপা হবে না। Y-এর মানকে প্রকৃত সূচকীরূপে লিখলে দাঁড়ায় $\cdot 12478 \times 10^{-2}$। কমপিউটার সংখ্যাটিকে লিখবে +0·12478 E – 02 অর্থাৎ সংখ্যাটির ক্ষেত্র 12 স্তম্ভ। কাজেই ফর্মা বিবৃতিতে কমপক্ষে E 12.5 লেখা উচিত ছিল। পাঠ করার সুবিধার জন্য অন্ততঃ দুটি ফাঁকা স্থান মাঝে থাকা উচিত। সেক্ষেত্রে, আমরা ইচ্ছে করলে নিম্নরূপ নির্গম নির্দেশ লিখতে পারি :

```
      PRINT 15, X, Y, L
   15 FORMAT (1Hb̸, F 10.4, E 14.5, I 5 )
```

এই নির্দেশের ফলে ছাপা মান হবে :

b̸ b̸ – 25·0732 b̸ b̸ b̸ 0 ·12478 E – 02b̸ b̸ 412

লক্ষণীয় যে, দশমিক বিন্দুর আগে ধন চিহ্ন ছাপা হয় না, তৎপরিবর্তে একটি স্তম্ভ ফাঁকা থাকে।

কোন সমস্যার ফলাফল ছাপার সঙ্গে সঙ্গে, অনেক সময় সমস্যাটির সংক্ষিপ্ত নাম বা চলরাশির নাম বা অন্য কোন সংশ্লিষ্ট মন্তব্য বা ব্যাখ্যা, ছাপার প্রয়োজন হয়। অনেক কমপিউটারে এরূপ ক্ষেত্রে **হলেরিথ বিবৃতি** ব্যবহৃত হয় (ছিদ্র কার্ডের সংকেত অবিষ্কর্তা হলেরিথের নামানুসারে)। উদাহরণ স্বরূপ, ধরা যাক :

SOLUTIONS OF THE EQUATION

শীর্ষ-নামটি আমরা ছাপতে চাই। এখানে শীর্ষনামটিতে 25টি হরফ আছে।

দুটি শব্দের অন্তবর্তী ফাঁকা স্থানগুলিকে এক একটি করে হরফ ধরতে হবে। এই নামটি নিম্নে প্রদত্ত নির্দেশ দ্বারা ছাপা যেতে পারে :

```
PRINT 27
27 FORMAT ( 1Hb̸, 45X, 25H SOLUTIONS b̸ OF b̸ THE
   b̸ EQUATION )
```

একটি লাইনে 120টি হরফ ছাপা যায়। ফর্মা নির্দেশের 45X সংকেত অনুযায়ী প্রথম 45 স্তম্ভ ফাঁকা থাকবে এবং পরবর্তী 25টি স্তম্ভ জুড়ে উপরোক্ত শীর্ষনামটি অবিকল লেখা হবে, এবং তারপরে 50টি ($=120-45-25$) স্তম্ভ ফাঁকা থাকবে। অর্থাৎ লাইনটির মাঝের দিকে শীর্ষনামটি ছাপা হবে। লক্ষনীয়, যে PRINT 27 নির্দেশটির পরে কোন চলরাশির নাম নেই।

কোন কোন আধুনিক কমপিউটারে, যেমন IBM1130 বা IBM 360তে হলেরিথ বিবৃতির সরলীকৃত রূপ ব্যবহার করা যায়। এরূপ কমপিউটারে, শীর্ষনামটি উদ্ধৃতি চিহ্নের মধ্যে রাখাই যথেষ্ট। উপরের উদাহরণটি এক্ষেত্রে নিম্নরূপে লেখা যায় :

```
PRINT 27
27 FORMAT ( 1H b̸, 45X, 'SOLUTIONS b̸ OF b̸ THE b̸
   EQUATION' )
```

ফলাফল একধিক লাইনে ছাপতে হলে বা একাধিক পাঞ্চ কার্ড অনুপ্রবেশের জন্য ব্যবহার করার প্রয়োজন হলে, তীর্যক চিহ্ন "/" ব্যবহার করা যায়। কোন কোন যন্ত্রগণকে আবার READ এবং PRINT নির্দেশ লেখার রীতি উপরে যেভাবে লেখা হয়েছে, তার থেকে একটু আলাদা। অনেক সময় মুদ্রণ যন্ত্রের নিয়ন্ত্রণ সংকেতের পার্থক্য থেকেই এই পার্থক্যগুলি উদ্ভূত হয়। যন্ত্রগণকের সঙ্গে যারা প্রথম পরিচিত হতে চলেছেন, তাদের এই ধরণের অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশের খুঁটিনাটির মধ্যে যাওয়ার প্রয়োজন নেই এবং লেখার রীতির পার্থক্য আপাতত মনে রাখারও কোন প্রয়োজন নেই, কারণ যে কমপিউটার হাতের কাছে পাওয়া যাবে, তার জন্য অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশ লেখার রীতি আনায়াসেই শিখে নেওয়া যাবে। বর্তমান পুস্তকে তাই অনুপ্রবেশ ও নির্গম নির্দেশের জন্য উপরে প্রদত্ত রীতিই ব্যবহৃত হবে।

4·3. পাঞ্চ নির্দেশ—কোন সমস্যা সমাধানের পর ফলাফল পাঞ্চ কার্ডে ছিদ্রিত হয়ে বেরিয়ে আসে **PUNCH** বা **পাঞ্চনির্দেশের** দ্বারা। প্রিণ্ট নির্দেশের মত এটিও একটি নির্গম নির্দেশ। একটি পাঞ্চ কার্ডে বা ছিদ্র কার্ডে আশিটি স্তম্ভ থাকে। এই স্তম্ভগুলির প্রত্যেকটিতে একটি করে হরফ ছিদ্র করা যায়। পাঞ্চ নির্দেশ লেখার নিয়ম প্রায় প্রিণ্ট নির্দেশের মত। তফাৎ শুধু এই যে, প্রিণ্ট নির্দেশের ফর্মা বিবৃতিতে যেখানে প্রথমে ছাপাযন্ত্রের নিয়ন্ত্রণ সংকেত লিখতে হয়, পাঞ্চ নির্দেশের ফর্মা বিবৃতিতে তা লিখতে হয় না। উদাহরণ স্বরূপ 5. নং উদাহরণের নির্গম নির্দেশ রূপে প্রিণ্টের বদলে পাঞ্চ নির্দেশ লিখলে দাঁড়াবে

```
PUNCH 13, CAT, RAT
13 FORMAT ( F 11.4, F 11.4 )
```

এখান থেকে দেখা যাচ্ছে, পাঞ্চ নির্দেশের সংশ্লিষ্ট ফর্মা বিবৃতি লেখার ধাঁচ, অবিকল রীড বিবৃতির মত। তবে, এইটুকু লক্ষ্য রাখা দরকার, যে নির্গম নির্দেশ প্রিণ্ট বা পাঞ্চের ফর্মা বিবৃতিতে যেন ফলাফল ছাপার পক্ষে যথেষ্ট জায়গার ব্যবস্থা রাখা হয়।

4·4 সহজ প্রোগ্রামের উদাহরণ—তৃতীয় অধ্যায় ও বর্তমান অধ্যায়ে আলোচিত নিয়মাবলীর সাহায্যে, এখন আমরা ফরট্রান ভাষায় সহজ প্রোগ্রাম লিখতে সক্ষম হব। এখানে প্রোগ্রাম রচনার কতকগুলি সহজ উদাহরণ আলোচনা করা হবে।

উদাহরণ 1. চারটি বাস্তব সংখ্যা A, B, C এবং D-এর মান পাঠ করবে এবং সংখ্যাগুলির যোগফল ও গুণফল নির্ণয় করে ছেপে বের করবে, এমন একটি ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা করতে হবে।

সমাধান—সংখ্যাগুলি ভগ্নাংশ রূপে আছে না সূচকী রূপে আছে, তা বলা হয় নি। এরূপ ক্ষেত্রে আমরা ধরে নিচ্ছি অনুপ্রবেশের জন্য সংখ্যাগুলি সূচকীরূপে পাঞ্চ কার্ডে ছিদ্রিত করা হবে এবং সংখ্যাগুলিতে আটটি করে সার্থক অঙ্ক আছে। তাহলে ফর্মা বিবৃতিতে E 15.8 সংকেত দ্বারা সংখ্যাগুলির বর্ণনা করা যায়। সমস্যাটি সমাধানের একটি ফরট্রান প্রোগ্রাম নিম্নরূপ :

```
C   SUM AND PRODUCT OF FOUR NUMBERS
    READ 3, A, B, C, D
  3 FORMAT ( 4 E 15.8 )
    SUM=A+B+C+D
    PRODT=A * B * C *D
    PRINT 4, SUM, PRODT
  4 FORMAT ( 1 Hƀ, 2 E 15.8 )
    STOP
    END
```

প্রত্যেক প্রোগ্রামেরই একটি করে নাম দেওয়া উচিত, যার থেকে প্রোগ্রামটির বিষয়বস্তু বোঝা যাবে। বর্তমান প্রোগ্রামের নাম "SUM AND PRODUCT OF FOUR NUMBERS". প্রোগ্রামটির শেষে STOP এবং END দুটি নির্দেশ রয়েছে। END দ্বারা বোঝা যাচ্ছে, এর পরে আর কিছু নেই। প্রোগ্রামটি অতঃপর পাঞ্চ কার্ডে ছিদ্রিত করতে হবে,—প্রতি কার্ডে একটি করে বিবৃতি। ছিদ্রিত করার নিয়ম পরবর্তী অনুচ্ছেদে বিশদ ভাবে আলোচনা করা হবে। প্রোগ্রামটির নামের বা পাশে একটি C অক্ষর রয়েছে। এর থেকে বোঝা যাবে এটি একটি COMMENT বা মন্তব্য সমন্বিত কার্ড। এরূপ কার্ডের বিষয়বস্তু কমপিউটারের সংকলক অগ্রাহ্য করে এবং সমস্যার সমাধানে কোন কাজে লাগে না। এই প্রোগ্রামটি কমপিউটারে চালাতে গেলে তথ্য কার্ড এবং নিয়ন্ত্রণ কার্ড চাই। এ সম্বন্ধে পরবর্তী অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হচ্ছে।

উদাহরণ 2. বাস্তব রাশি x এবং a, b, c, d, e-এর মান একের চেয়ে ছোট এবং ভগ্নাংশ রূপে ছয় দশমিক স্থান পর্যন্ত প্রদত্ত আছে। $ax^4+bx^3+cx^2+dx+e$

রাশিমালাটির মান নির্ণয় করার প্রোগ্রাম রচনা করতে হবে।

সমাধান—এখানে প্রদত্ত রাশিমালাটিকে নিম্নরূপে লেখা হল :

$$e+x(d+cx+bx^2+ax^3)=e+x(d+x(c+bx+ax^2))$$
$$=e+x(d+x(c+x(b+ax)))$$

সংখ্যাগুলি একের চেয়ে ছোট এবং ভগ্নাংশ রূপে ছয় দশমিক স্থান পর্যন্ত প্রদত্ত

আছে। কাজেই সংখ্যাগুলির ক্ষেত্র 12 রাখাই যথেষ্ট (চিহ্ন, দশমিক বিন্দু এবং বিন্দুর পরে ছয়টি অঙ্কের জন্য সংখ্যাগুলির ক্ষেত্র কমপক্ষে 8 হওয়া আবশ্যক। বাকী চারটি স্তম্ভ ফাঁকা থাকবে)। তাহলে, আনুষঙ্গিক ফর্মার সঙ্কেত F 12.6 হবে। সমস্যাটি সমাধানের একটি প্রোগ্রাম নিম্নরূপ :

```
C   EXPRESSION EVALUATION
    READ 5, X, A, B, C, D, E
 5  FORMAT ( 6 F 12·6 )
    SUM=E+X * (D+X * (C+X * (B+A * X )))
    PRINT 11, SUM
11  FORMAT (1H̸b, F12.6)
    STOP
    END
```

উপরে আলোচিত সমস্যাটিতে X, A, B, C, D, এবং E-এর মান যদি একের চেয়ে ছোট না হোত, তাহলেও কিন্তু উপরে প্রদত্ত প্রোগ্রামটি ব্যবহার করা যেত। তবে সংখ্যাগুলি বিভিন্ন পরিমাণের হতে পারে এবং সেক্ষেত্রে ভগ্নাংশ-রূপের চেয়ে সূচকীরূপে সংখ্যাগুলি এবং ফলাফল প্রকাশ করলে ভ্রান্তির সম্ভাবনা কম। সেক্ষেত্রে ফর্মা বিবৃতিতে F 12.6-এর পরিবর্তে E 15.8 গ্রহণীয়।

4.5 **পাঞ্চ কার্ডে প্রোগ্রাম ছিদ্রিত করা**—প্রোগ্রাম রচনার পর প্রোগ্রামটি পাঞ্চ কর্ডে ছিদ্রিত করতে হবে (চিত্র 1.3)। প্রতি কার্ডে একটি মাত্র বিবৃতি ছিদ্রিত করতে হবে। সবগুলি বিবৃতি ছিদ্রিত করা হয়ে গেলে, যে পরম্পরায় বিবৃতিগুলি রয়েছে সেই পরম্পরায় কার্ডগুলি সাজিয়ে, কার্ডগুচ্ছকে যন্ত্রগণকের অনুপ্রবেশ অঙ্গে স্থাপন করা হবে। অতঃপর যন্ত্রগণকের চালক বোতাম টিপে যন্ত্রগণক চালু করলে প্রোগ্রাম পঠন শুরু হবে। প্রোগ্রাম পঠন শেষ হয়ে গেলে, যন্ত্রগণকের অভ্যন্তরস্থ ফরট্রান IV সংকলক প্রোগ্রামটি বিশ্লেষণ করবে এবং প্রদত্ত উৎস-প্রোগ্রামকে মেশিনভাষায় অনুবাদ করে মেশিন-প্রোগ্রাম সৃষ্টি করবে। এই অনুবাদ ক্রিয়ার নাম **সংকলন**।

প্রোগ্রাম রচনা এবং পাঞ্চ কার্ডে ছিদ্রিত করার কাজ বিশেষ যত্ন

সহকারে করা উচিত যাতে কোনরকম ভুল না হয়। ফরট্রান ভাষার ব্যাকরণগত ভুল বা ছাপার ভুল সাধারণত সংকলন ক্রিয়ার সময় ধরা পড়বে। ভুল ধরা পড়লে যন্ত্রগণক ভুলের একটি তালিকা ছেপে দেবে এবং সমস্যা সমাধনের কাজে আর অগ্রসর হবে না। যদি সংকলন ক্রিয়ার সময় কোন ভুল ধরা না পড়ে, তবে "END OF COMPILATION" লেখাটি ছাপা হবে এবং কমপিউটার তখন সমস্যাটি সমাধান করে প্রদত্ত ফর্মায় ফলাফল ছেপে বের করবে। কমপিউটারের সংকলকটি কিন্তু শুধু ব্যাকরণগত ভুলই ধরতে পারে। যেমন, কোন বিদ্যালয়ের ছাত্রসংখ্যা যদি ভুলক্রমে(—1265) বা 126.5 ছাপা হয় (যা অসম্ভব), তবে সে ভুল কিন্তু কমপিউটারের সংকলক ধরতে পারবে না।

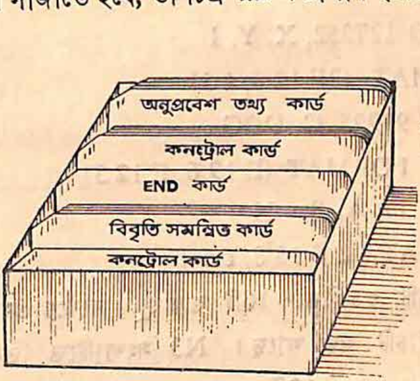
কার্ডগুলো পাঞ্চ বা ছিদ্রিত করা হয় যন্ত্রের সাহায্যে। পাঞ্চ করার যন্ত্র দেখতে অনেকটা বৃহৎ টাইপ-রাইটার যন্ত্রের মত। ফরট্রান ভাষার অনুমোদিত হরফগুলি সেই যন্ত্রের কতকগুলি বোতামের উপর লেখা রয়েছে। একটি কার্ড যন্ত্রে ঢুকিয়ে, কোন একটি বোতাম টিপলে কার্ডটিতে একটি নির্দিষ্ট প্যাটার্ণের ছিদ্রগুচ্ছের সৃষ্টি হবে, যা বোতামটির উপর লেখা হরফের সংকেত। কোন ফরট্রান বিবৃতিতে যে হরফগুলি রয়েছে, পরপর সেই বোতামগুলি টিপে বিবৃতিটি কার্ডে ছিদ্রিত করা হবে। একই সঙ্গে কার্ডের শীর্ষদেশে বিবৃতিটি ছাপা হয়ে যাবে, যার সাহায্যে বিবৃতিটি কার্ডে ঠিকমত লেখা হল কিনা মিলিয়ে দেখা যায়।

একটি পাঞ্চ কার্ডে আশিটি স্তম্ভ আছে। কোন ফরট্রান পাটীগণিতীয় বিবৃতি কার্ডের সপ্তম স্তম্ভ থেকে পাঞ্চ করা শুরু করতে হবে এবং বাহাত্তরতম স্তম্ভ পর্যন্ত লেখা চলবে। যদি বিবৃতিটি সপ্তম থেকে বাহাত্তরতম (উভয়কে ধরে) স্তম্ভের মধ্যে না ধরে, তবে অবশিষ্টাংশ আর একটি কার্ডে সপ্তম থেকে বাহাত্তর-তম স্তম্ভের মধ্যে লিখতে হবে। পরবর্তী কার্ডটির ষষ্ঠ স্তম্ভে 1 থেকে 9-এর মধ্যে কোন একটি পূর্ণসংখ্যা অথবা C অক্ষরটি পাঞ্চ করতে হবে, যাতে বোঝা যাবে পরবর্তী কার্ডটি পূর্বের কার্ডের কনটিনুয়েশন বা **সংযুক্তি**। সাধারণতঃ একটি দীর্ঘ বিবৃতি লেখার জন্য এরূপ পাঁচটি (কোন কোন কমপিউটারের ক্ষেত্রে আরও বেশি) সংযুক্তি কার্ড ব্যবহার করা যায়। একাধিক সংযুক্তি কার্ড থাকলে পর পর কার্ডগুলিতে 1, 2, 3, ইত্যাদি পাঞ্চ করলে ভাল হয়।

পাটীগণিতীয় বিবৃতি সমন্বিত কোন কার্ডের তিয়াত্তর থেকে আশিতম স্তম্ভে কোন কিছু লেখা হলে, অথবা কার্ডের মাঝে কোন স্তম্ভ ফাঁকা থাকলে, কমপিউটারের সংকলক তা অগ্রাহ্য করবে। অনুপ্রবেশের তথ্য সমন্বিত কার্ডগুলি কিন্তু প্রথম স্তম্ভ থেকে লেখা সুরু করতে হবে। পাটীগণিতীয় বিবৃতির বিবৃতি-সংখ্যা প্রথম স্তম্ভ থেকে পাঞ্চ করা সুরু করতে হবে। শীর্ষনাম বা মন্তব্য সূচক কার্ডের প্রথম স্তম্ভে C হরফটি পাঞ্চ করতে হবে। এরূপ কার্ডের দ্বিতীয় থেকে আশিতম স্তম্ভে যা কিছু লেখা হোক না কেন, কমপিউটারের সংকলক তা অগ্রাহ্য করবে। মন্তব্য বা ব্যাখ্যা সূচক এরূপ একাধিক কার্ড ব্যবহার করা যেতে পারে।

উপরোক্ত নিয়ম অনুযায়ী বিবৃতিগুলি কার্ডে পাঞ্চ করার পর, প্রোগ্রামটি কমপিউটারে চালাতে গেলে উপযুক্ত সংখ্যক কণ্ট্রোল কার্ড বা **নিয়ন্ত্রণ** কার্ড চাই। প্রবাহচিত্রের START প্রতীকটি এরূপ নিয়ন্ত্রণ কার্ড সূচিত করে। প্রোগ্রামের শুরুতে এবং শেষে নিয়ন্ত্রণ কার্ড চাই। শেষের নিয়ন্ত্রণ কার্ডের পূর্বে END কার্ড আবশ্যকীয় এবং অনুপ্রবেশের জন্য তথ্য সমন্বিত কার্ড চাই। বিভিন্ন কমপিউটারের জন্য নিয়ন্ত্রণ কার্ডগুলি বিভিন্ন হয়। সেজন্য এখানে নিয়ন্ত্রণ নির্দেশের কোন তালিকা দেওয়া হোল না, এবং কমপিউটারের সঙ্গেই নিয়ন্ত্রণ নির্দেশের তালিকা পাওয়া যায়। পরবর্তী অধ্যায়ে, প্রদত্ত উদাহরণ-গুলিতেও কনট্রোল নির্দেশ এবং অনুপ্রবেশ তথ্য আলাদা করে দেখান হবে না।

কোন প্রোগ্রাম কমপিউটারে চালাতে গেলে আনুষঙ্গিক কার্ডগুলি যে পরম্পরা অনুযায়ী সাজাতে হবে, তা চিত্র 4.2 এ দেখান হয়েছে।



চিত্র 4.2 কমপিউটারে চালানোর জন্য কার্ডের পরম্পরা

প্রশ্নমালা—4

1. নিম্নে প্রদত্ত তথ্যগুলি অনুপ্রবেশের জন্য রীড ও ফর্মা বিবৃতি লেখ :

   (i) A=0·007402, B=1·73248, N=20

   (ii) CAT=0·173572, FAT=−22·987, RAT=−·0000101, I=9998

   (iii) INDIA=−80, NEPAL=3, J101=−101, PANAM=9998.

   (iv) A1=10·00418, A2=35511·01, $A3=-9{\cdot}43\times10^{4}$, $A4=33{\cdot}735\times10^{-2}$

   (v) $BAT=789{\cdot}\times10^{-2}$, $BALL=-5678.40\times10^{-3}$, $LORDS=-12300\times10^{+2}$

2. READ 0, X, Y

   0 FORMAT (F 12·6, E 15·6)

   এই অনুপ্রবেশ বিবৃতি বৈধ না অবৈধ ? কারণ নির্দেশ কর।

3. কারণ নির্দেশ পূর্বক বল, নিম্নের অনুপ্রবেশ বিবৃতিগুলি বৈধ না অবৈধ :

   (i) READ, 2, X
   2 FORMAT (F11·3)

   (ii) READ 12, X, Y
   +12 FORMAT (F11·3, F12·6)

   (iii) READ 12, X, Y, I
   12 FORMAT (I 5, F 11·3, F 12·6)

   (iv) READ 127352, X, Y, I
   127352 FORMAT (2F 12·6, I 5)

   (v) READ 99995, C, DOG
   99995 FORMAT (E 19·6, F 12·5)

   (vi) READ 17, A, B, −N
   17 FORMAT (2 E 15·8, I 6)

4. X সংখ্যাটি স্থচকীরূপে 16টি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে সংখ্যাটির পাঁচটি অঙ্ক আছে। N3 সংখ্যাটিতে তিনটি অঙ্ক আছে। আর Y সংখ্যাটি ভগ্নাংশরূপে 12টি স্তম্ভ জুড়ে রয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে চারটি অঙ্ক রয়েছে। সংখ্যা তিনটির জন্য অনুপ্রবেশ নির্দেশ লেখ।

5. READ 7, X, Y, Z, J

7 FORMAT (F 13·6, F 15·6, E 15·6, I 7)

অনুপ্রবেশ নির্দেশ হলে, নিম্নের মানগুলি কিভাবে পাঞ্চ কার্ডে ছিদ্রিত করতে হবে দেখাও :

(i) $X = -1·730102, Y = 22·708912, Z = -·0789041, J = 113$

(ii) $X = 112·345 \times 10^{-3}, Y = -0·165044, Z = 211·446 \times 10^{-2}$, $J = -52$

6. যদি রীড বিবৃতি নিম্নরূপ হয় :

READ 14, X, Y, Z, J

14 FORMAT (2X, F 12·6, 5X, F 14·6, 2X, E 13·6, 3X, I 3)

তবে 5 নম্বর সমস্যার X, Y, Z, J-র মানগুলি কিভাবে ছিদ্রিত করতে হবে দেখাও।

7. একটি তথ্য সমন্বিত পাঞ্চ কার্ডে X এবং Y-এর মান নিম্নরূপে ছিদ্রিত আছে :

(i) ƀ ƀ – 0·017302 E – 03 ƀ ƀ ƀ – 412.308

(ii) ƀ ƀ ƀ – 0·8403 E + 01 ƀ ƀ ƀ ƀ ƀ 2.06453

অনুপ্রবেশ নির্দেশগুলি কিরূপ হবে ?

8. বাস্তবরাশি X এবং Y-র মান 7 নম্বর প্রশ্নের ন্যায় ছাপা হতে হলে প্রিন্ট নির্দেশ লেখ।

9. কোন প্রোগ্রামে নিম্নলিখিত নির্দেশগুলি রয়েছে :

PI = 3·141593

EPSLN = ·000001

ALPHA = $-2·01578 \times 10^{-1}$

N = 100

PRINT 12, PI, EPSLN, N, ALPHA

12 FORMAT (1 Hƀ, F 10·6, E 15·6, I 5, F 13·6)

যন্ত্রগণক মানগুলি কিভাবে ছাপবে ?

10. যদি 9 নম্বর প্রশ্নে ফর্মা নির্দেশটি

(i) 12 FORMAT (1 Hƀ, F 12·6, E 12·6, I 5, F 12·6)

অথবা (ii) 12 FORMAT (1 H ℔, E 13·6, F 12·6, I 4, F 14·6)

হয়, তবে মানগুলি কিভাবে ছাপা হবে?

11. নিম্নের বক্তব্যটি ছাপার জন্য হলেরিথ বিবৃতি কিরূপ হবে?

ROOTS IMAGINARY

হলেরিথ বিবৃতির সরলীকৃত রূপেই বা নির্দেশটি কিরূপ হবে?

12. হলেরিথ বিবৃতিতে NO – SOLUTION. বক্তব্যটি ছাপার জন্য প্রিণ্ট নির্দেশ কিরূপ হবে? সরলীকৃত রূপেই বা কিরূপ হবে?

13. বাস্তব রাশি x এবং a, b, c, d-এর মান প্রদত্ত হলে $ax^6 - bx^4 + cx - d$ রাশিটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

14. বাস্তব রাশি x, y এবং z-এর মান প্রদত্ত হলে $(2x+3)(7y-z+2)$ রাশিটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

15. ফারেনহাইট স্কেলে উত্তাপ জানা আছে; সেন্টিগ্রেড স্কেলে মানটি রূপান্তরিত করার প্রোগ্রাম রচনা কর।

16. যদি $a = -312{\cdot}612 \times 10^{-3}$, $b = -1764{\cdot}1 \times 10^2$,

$n = 344$, $c = 142857.$ এবং $d = -2857{\cdot}1$

হয় তবে $f_1 = ab/(cd+n)+a$ এবং $f_2 = ab/(cd-n)-b$

রাশিদ্বয়ের মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

17. নিম্নের রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর:

$$e = a^2 + b^2 - 2ncd + d^2$$

যেখানে a, b, c, d এবং n-এর মান 16 নম্বর প্রশ্নে প্রদত্ত আছে।

18. যদি $ae - bd \neq 0$ হয় এবং a, b, c, d, e, f-এর মান প্রদত্ত থাকে, তবে

$ax + by + c = 0$ এবং $dx + ey + f = 0$

সমীকরণদ্বয়ের সমাধান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

19. ধনাত্মক রাশি a, b, c, d এবং x-এর মান প্রদত্ত হলে

$$e = \sqrt{\frac{ax+b}{cx+1+2d}}$$

রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

পঞ্চম অধ্যায়

কনট্রোল বদলির নির্দেশ

ইতিপূর্বে যে সকল নিয়মাবলী ও নির্দেশ আলোচনা করা হয়েছে, তার দ্বারা ফরট্রান ভাষায় সহজ সমস্যা সমাধানকারী প্রোগ্রাম রচনা করা চলে। এরূপ কয়েকটি উদাহরণও পূর্বের অধ্যায়ে আলোচিত হয়েছে। সহজ সমস্যার মধ্যে সেই সমস্ত সমস্যা পড়ে, যাদের প্রবাহচিত্রে সিদ্ধান্ত-বাক্সের প্রয়োজন হয় না, অথবা লুপের ব্যবহার ছাড়াই যে সকল সমস্যা সমাধান করা যায়। সিদ্ধান্ত বাক্স বা লুপ সংক্রান্ত নির্দেশ ফরট্রান ভাষায় রূপায়িত করার নিয়ম বর্তমান অধ্যায়ে আলোচিত হবে। এই সঙ্গে দুরূহতর সমস্যা সমাধানের জন্য প্রোগ্রাম রচনার উপায় আলোচিত হবে। যে নির্দেশগুলি সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে, সেগুলি সবই **কনট্রোল বা নিয়ন্ত্রণ বদলির** নির্দেশ। ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, কোন প্রোগ্রামে বিবৃতিগুলি যে পরম্পরায় সাজানো থাকে, কমপিউটারের কনট্রোল সেই পরম্পরায় প্রতিটি বিবৃতিকে কর্মে রূপান্তরিত করে। কোন বিবৃতিতে সিদ্ধান্তবাক্স থাকলে, ফলাফলের উপর নির্ভর ক'রে পরম্পরাটি দুই বা তিন ভাগে বিভক্ত হয়,—হয়ত বা কতকগুলো বিবৃতি ডিঙিয়ে পরবর্তী কোন বিবৃতি বা পূর্ববর্তী কোন বিবৃতিকে কর্মে রূপান্তরিত করে। এরূপ যে নির্দেশের ফলে প্রোগ্রামের স্বাভাবিক পরম্পরা পরিবর্তিত হয়, তাকে কনট্রোল বদলির নির্দেশ বলে। দ্বিতীয় অধ্যায়ে আমরা দেখেছি, নিতান্ত সরল সমস্যা ছাড়া সব সমস্যাতেই সিদ্ধান্ত বাক্সের প্রয়োজন হয়। কাজেই বলা যায়, যে প্রায় সকল ব্যবহারিক প্রেগ্রামে কনট্রোল বদলির নির্দেশ আবশ্যক হয়।

5·1 **GO TO বিবৃতি বা গো টু বিবৃতি**—যে পরম্পরা অনুযায়ী কোন প্রোগ্রামের নির্দেশগুলি কর্মে রূপান্তরিত হচ্ছে, সেই পরম্পরার পরিবর্তন সাধন করা যায় গো টু (অর্থাৎ **অভিগমন**) বিবৃতি দ্বারা। বিবৃতিটি নিম্নরূপ :

GO TO m

যেখানে ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা m আলোচ্য প্রোগ্রামের অপর কোন একটি

নির্বাহযোগ্য বিবৃতির বিবৃতিসংখ্যা বুঝায়। এই নির্দেশের ফলে স্বাভাবিক পরম্পরার পরিবর্তন ঘটিয়ে, m বিবৃতিসংখ্যা-বিশিষ্ট বিবৃতিটি অব্যবহিত পরে কর্মে রূপান্তরিত হবে। এই নির্দেশের সঙ্গে অপর কোন সর্ত আরোপ করা হয়নি বলে, এই নির্দেশটি একটি **নিঃসর্ত নিয়ন্ত্রণ বদলির** নির্দেশ। নির্বাহ-যোগ্য ফরট্রান বিবৃতি দ্বারা বুঝায়,—

(i) ফরট্রান পাটীগণিতীয় বিবৃতি,

(ii) রীড, প্রিণ্ট বা পাঞ্চের মত অনুপ্রবেশ বা নির্গম নির্দেশ,

(iii) গো-টু, ইফ, ডু প্রভৃতি কনট্রোল বদলির বিবৃতি, যা বর্তমান অধ্যায়ে আলোচনা করা হবে।

প্রসঙ্গত বলা যেতে পারে ফর্মা বিবৃতি কিন্তু নির্বাহযোগ্য বিবৃতি নয়। END বিবৃতিও নির্বাহযোগ্য নয়। এছাড়াও কিছু কিছু ফরট্রান বিবৃতি আছে, যা নির্বাহযোগ্য নয়। সেরূপ বিবৃতি বর্তমান পুস্তকে ব্যবহৃত হবে না।

উদাহরণ 1. নিম্নে প্রদত্ত প্রোগ্রামটি বিবেচনা করা যাক,—

```
C  SUM AND PRODUCT OF A SET OF THREE
   NUMBERS
5  READ 2, A, B, C
   SUM=A+B+C
   PRODT=A * B * C
   PRINT 3, SUM, PRODT
   GO TO 5
2  FORMAT ( 3 E 15.8 )
3  FORMAT (1Hb̸, 2E 15.8 )
   STOP
   END
```

এই প্রোগ্রামের দ্বারা A, B ও C-এর মান সমন্বিত একটি পাঞ্চ কার্ড পাঠ করা হবে। A, B, C-এর মানের যোগফল নির্ণয়ের পর মানগুলি ছাপা হবে। অতঃপর

GO TO 5

নির্দেশের ফলে কনট্রোল পাঁচ নম্বর বিবৃতিতে ফিরে যাবে এবং পুনরায় একটি কার্ড পাঠ করবে। কয়টি কার্ড পাঠ করবে তা অবশ্য এখানে আলাদা ক'রে বলা হয়নি এবং যতগুলি তথ্য কার্ড দেওয়া থাকবে এই প্রোগ্রামের দ্বারা সবগুলি পাঠ করা হবে এবং যোগফল ও গুণফলের মান ছাপা হবে। তথ্য কার্ড শেষ হয়ে গেলে যন্ত্রগণকটি থেমে যাবে।

5·2 IF বিবৃতি বা ইফ বিবৃতি—পূর্বের অনুচ্ছেদে প্রদত্ত গো টু বিবৃতি একটি নিঃসর্ত নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশ। সর্ত সাপেক্ষে নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশের একটি উদাহরণ হল **ইফ বিবৃতি**। আরও একটি সর্তাধীন নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশ পরবর্তী অনুচ্ছেদে আলোচিত হবে।

IF বা ইফ বিবৃতি দুরকমের হতে পারে,—(1) ARITHMETIC IF বা **পাটীগণিতীয় ইফ** এবং (ii) LOGICAL IF বা **ন্যায়-ইফ**। প্রথমে আমরা পাটীগণিতীয় ইফ সম্বন্ধে আলোচনা করব।

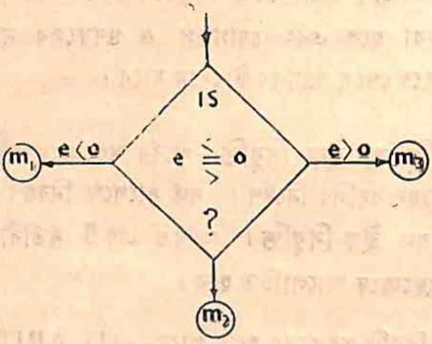
পাটীগণিতীয় ইফ বিবৃতিতে যে সর্তের উপর নির্ভর ক'রে নিয়ন্ত্রণ বদলি হয়, তা হল একটি পাটীগণিতীয় রাশিমালা e-এর মান ঋণাত্মক, শূন্য, না ধনাত্মক। যে পরম্পরায় প্রোগ্রামের বিবৃতিগুলি কর্মে রূপান্তরিত হচ্ছিল, অতঃপর সেই পরম্পরা তিনটি শাখায় বিভক্ত হবে। কোন্ শাখাটি গ্রহণ করা হবে, তা নির্ভর করবে উপরোক্ত সর্তের উপর। পাটীগণিতীয় ইফ বিবৃতির রূপ হল :

$$\text{IF (e) } m_1, m_2, m_3$$

এখানে e অক্ষর দ্বারা কোন একটি ফরট্রান পাটীগণিতীয় রাশিমালা বুঝায় এবং ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা m_1, m_2, m_3 প্রোগ্রামস্থ তিনটি নির্বাহযোগ্য ফরট্রান বিবৃতির বিবৃতিসংখ্যা বুঝায়। এই বিবৃতির ফলে সাধিত ক্রিয়া নিম্নরূপ :

যদি e রাশিমালাটির মান ঋণাত্মক হয়, তবে অব্যবহিত পরে m_1 বিবৃতি-সংখ্যা-বিশিষ্ট বিবৃতিটি কর্মে রূপান্তরিত হবে ; রাশিমালাটির মান যথাক্রমে শূন্য হলে m_2 এবং ধনাত্মক হলে m_3 বিবৃতিসংখ্যা-বিশিষ্ট বিবৃতিটি অব্যহিত

পরে কর্মে রূপান্তরিত হবে। এই বিবৃতির সংশ্লিষ্ট প্রবাহচিত্র 5.1 চিত্রে দেখান হয়েছে।



চিত্র 5.1 পাটীগণিতীয় ইফের প্রবাহ চিত্র

কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায়, যে $e<0$ এবং $e=0$ উভয় ক্ষেত্রে একই বিবৃতিতে নিয়ন্ত্রণ বদলি করার প্রয়োজন হয়, – অথবা হয়ত $e>0$ এবং $e=0$ এই দুই ক্ষেত্রে একই বিবৃতিতে নিয়ন্ত্রণ বদলি করা দরকার। সেক্ষেত্রে পাটীগণিতীয় ইফ বিবৃতি দ্বারা স্বাভাবিক পরম্পরা দুটি শাখায় বিভক্ত হয়। একটি উদাহরণের সাহায্যে পাটীগণিতীয় ইফ বিবৃতি ব্যাখ্যা করা হচ্ছে।

উদাহরণ—2. উদাহরণ স্বরূপ 2.4 অনুচ্ছেদের উদাহরণ **1.** গ্রহণ করা হল। বাস্তব রাশি x এবং অখণ্ড ধ্রুবক k-এর মান প্রদত্ত আছে, $\frac{x^k}{k!}$ রাশিটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা করতে হবে।

সমাধান—অলোচ্য সমস্যাটির প্রবাহ চিত্র 2.13 চিত্রে দেখান হয়েছে। প্রবাহচিত্রের সিদ্ধান্তবাক্স থেকে দেখা যাচ্ছে, (N – K) রাশিমালাটির মান ঋণাত্মক না ঋণাত্মক নয়, তার উপর নির্ভর করবে পরবর্তী নির্দেশটি কি হবে। ধরা যাক x রাশিটি সূচকীরূপে, দশমিক বিন্দুর পরে আট অঙ্ক বিশিষ্ট এবং অখণ্ড রাশি k-এর ক্ষেত্রদৈর্ঘ আট স্তম্ভ। ফরট্রান ভাষায় এরূপ একটি প্রোগ্রাম নিম্নরূপে লেখা যায়।

```
C EVALUATION OF AN EXPRESSION
  READ 12, X, K
```

```
12 FORMAT ( E 15·8, I8 )
   N=1
   A=1.
 5 A=A * X/N
   IF ( N-K ) 7, 6, 6
 7 N=N+1
   GO TO 5
 6 PRINT 3, A
 3 FORMAT ( 1 Hb̸, E15·8 )
   STOP
   END
```

এখানে দুটি নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশ রয়েছে। তার মধ্যে GOTO 5 নির্দেশটি নিঃসর্ত, আর

IF (N−K) 7, 6, 6

নির্দেশটি পাটীগণিতীয় ইফ নির্দেশ। (N−K) রাশিমালাটির মান যদি ঋণাত্মক হয়, তবে 7 নম্বর নির্দেশটি হবে অব্যবহিত পরবর্তী নির্দেশ। অন্যথায়, যদি (N−K)-এর মান শূন্যর সমান বা তার চেয়ে বড় হয়, তবে 6 নম্বর নির্দেশটি কর্মে রূপান্তরিত হবে, অর্থাৎ নির্ণেয় রাশিমালাটির মান ছাপা হবে। লক্ষ্য করার বিষয়, যে (N−K)<0 ক্ষেত্রে, 7 নম্বর নির্দেশের পরে সর্বদা 5 নম্বর নির্দেশে ফিরে যাওয়া হচ্ছে এবং এর দ্বারা একটি লুপ স্থাপিত হচ্ছে। কেবল যখন (N−K) শূন্যর সমান অথবা বড় হচ্ছে, তখনই নিয়ন্ত্রণ লুপটির বাইরে বেরিয়ে আসছে। প্রোগ্রামটি একটু অন্যভাবে লিখলে GO TO 5 নির্দেশটি বাদ দেওয়া যায়। অনুচ্ছেদের শেষে এটা দেখান হয়েছে।

লক্ষ্য করার বিষয়, উপরের প্রোগ্রামটি 2.13 প্রবাহচিত্রের অবিকল অনুবাদ নয়, কারণ সেখানে সিদ্ধান্ত-বাক্সে প্রশ্ন করা হয়েছে

$N \geqslant K$

কিনা, এবং এই সিদ্ধান্তের উপরই নির্ভর করে, কনট্রোল 5 নম্বর বিবৃতিতে বদলি করা হবে, না 6 নম্বরে। এই বক্তব্যের অবিকল রূপান্তর ফরট্রান IV

ভাষায় **ন্যায়-ইফ** বিবৃতির দ্বারা সম্ভব। উপরোক্ত উদাহরণের সাহায্যে ন্যায়-ইফ বিবৃতির ব্যাখ্যা করা হচ্ছে। ন্যায়-ইফ প্রয়োগ করলে প্রোগ্রামটি দাঁড়াবে:

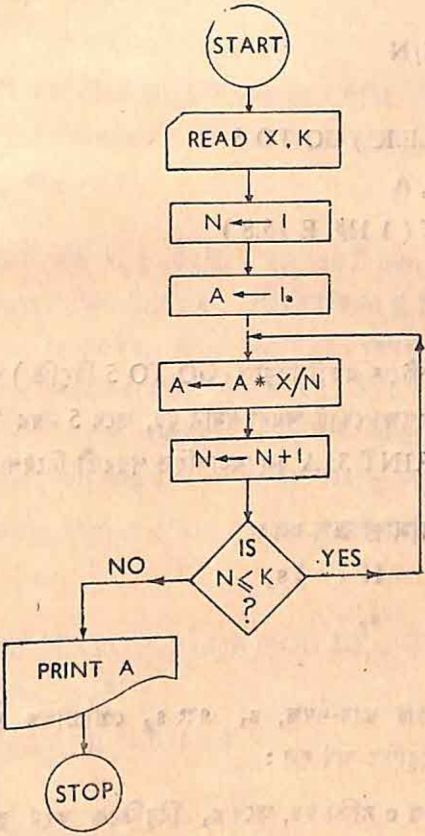
```
C  EVALUATION OF AN EXPRESSION  BY LOGICAL IF
   READ 2, X, K
2  FORMAT ( E 15.8, I8 )
   N=1
   A=1.
5  A=A * X/N
   IF ( N. GE. K ) GO TO 6
   N=N+1
   GO TO 5
6  PRINT 3, A
3  FORMAT ( IH/, E15.8 )
   STOP
   END
```

এখানে I F (N. GE. K) GO TO 6 বিবৃতি একটি ন্যায়-ইফ বিবৃতির উদাহরণ। এর অর্থ হল, অখণ্ড সংখ্যা N এর মান অপর একটি অখণ্ড সংখ্যা K চেয়ে বড় বা সমান হলে 6 নম্বর বিবৃতিটি কর্মে রূপান্তরিত কর; অন্যথায় স্বাভাবিক পরম্পরায় অগ্রসর হও (অর্থাৎ N=N+1 ইত্যাদি নির্দেশগুলি পরপর কর্মে রূপান্তরিত কর)। এখানে .GE. প্রতীকটি GREATER THAN OR EQUAL TO বক্তব্যের সংক্ষিপ্ত রূপ। প্রতীকের আগে এবং পরে বিন্দু দুটি আবশ্যকীয়। ন্যায়-ইফ বক্তব্যে এরূপ আরও কয়েকটি প্রতীক ব্যবহার করা যায়। যেমন,

	ফরট্রান প্রতীক	গাণিতীক প্রতীক
LESS THAN	.LT.	$<$
LESS THAN OR EQUAL TO	.LE.	$\leqslant$
GREATERTHAN	.GT.	$>$
GREATER THAN OR EQAL TO	.GE.	$\geqslant$
EQUALTO	.EQ.	$=$
NOT EQUAL TO	.NE.	$\neq$

লক্ষ্য করার বিষয়, যে $N \geqslant K$ বক্তব্যটি N এবং K এই দুটি রাশির মধ্যে একটি সম্বন্ধ স্থাপন করে। সম্বন্ধটি হয় সত্য হবে নতুবা অসত্য হবে এবং এতদ্ব্যতীত কিছু হতে পারে না। এটি একটি ন্যায়-সম্বন্ধ। ন্যায়-সম্বন্ধের সাহায্যে গঠিত ব'লে আনুষঙ্গিক ইফ বিবৃতিকে ন্যায়-ইফ বলে।

উপরে আলোচিত $\frac{x^k}{k!}$-এর মান নির্ণয়ের সমস্যাটি আরও কম বিবৃতি ব্যবহার ক'রে সমাধান করা যায়। এই উদ্দেশ্যে প্রবাহচিত্রটি একটু অন্যভাবে লেখা হল :



চিত্র 5.2 $\frac{x^k}{k!}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

2.13তে প্রদত্ত প্রবাহচিত্রের সঙ্গে এটির পার্থক্য হল,—এখানে আগে N-এর মান বৃদ্ধি ক'রে, তারপরে সিদ্ধান্তবাক্সে প্রশ্ন করা হচ্ছে $N \leq K$ কিনা। ফরট্রান IV ভাষায় এই প্রবাহচিত্রের অবিকল রূপান্তর হল নিম্নরূপ :

```
C  ALTERNATIVE EVALUATION BY LOGICAL IF
   READ 2, X, K
2  FORMAT ( E 15.8, I 8 )
   N=1
   A=1.
5  A=A * X/N
   N=N+1
   I F ( N. LE.K ) GO TO 5
   PRINT 3, A
3  FORMAT ( 1 Hb̸, E 15.8 )
   STOP
   END
```

এই বিকল্প রূপটিতে একটি বিবৃতি (GO TO 5 বিবৃতি) কম লাগে। যদি N-এর মান K অপেক্ষা ছোট অথবা সমান হয়, তবে 5 নম্বর নির্দেশটি নির্বাহ হবে ; অন্যথায় PRINT 3, A হল অব্যবহিত পরবর্তী নির্দেশ।

ন্যায় ইফের **সামান্য রূপ** হল :

$$\begin{array}{l} \text{IF (e) } s_1 \\ s_2 \\ \vdots \end{array}$$

এখানে e একটি ন্যায়-সম্বন্ধ, s_1 এবং s_2 প্রোগ্রামস্থ দুটি নির্বাহযোগ্য বিবৃতি। এই বিবৃতির অর্থ হল :

যদি ন্যায়-সম্বন্ধ e সত্যি হয়, তবে s_1 বিবৃতিকে কর্মে রূপান্তরিত কর ; অন্যথায় s_2,-যা স্বাভাবিক পরম্পরায় অব্যবহিত পরে অবস্থিত, বিবৃতিকে কর্মে রূপান্তরিত কর।

কোন কোন ক্ষেত্রে ন্যায় ইফের ব্যবহারে নিয়ন্ত্রণ বদলি নাও ঘটতে পারে। যেমন,

```
IF ( N. GE. K ) X=Y—1.
PRINT 5, A, X
:
```

এখানে $N \geqslant K$ হলে Xকে (Y – 1.) মান আরোপ করা হচ্ছে এবং এক্ষেত্রে নিয়ন্ত্রণ বদলি ঘটছে না। আর $N<K$ হলে PRINT 5, A, X নির্দেশটি নির্বাহ হচ্ছে।

অনেক যন্ত্রগণকে ন্যায় ইফ বিবৃতি ব্যবহারের সুবিধা নেই। সেজন্য, এবং বর্তমান পুস্তকটি একটি প্রারম্ভিক পুস্তক ব'লে, এবিষয়ে এখানে আর বিশদ আলোচনা করা হবে না।

5.3 DO বিবৃতি বা ডু বিবৃতি—আর একটি বহুল ব্যবহৃত এবং বিশেষ প্রয়োজনীয় নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশ হল DO বিবৃতি বা **ডু বিবৃতি**। যে সকল সমস্যার সমাধানে লুপ সৃষ্ট হয়, অর্থাৎ চক্রাকারে পরপর কতকগুলি নির্দেশ নির্দিষ্ট কয়েকবার কর্মে রূপান্তরিত করতে হয়, সেখানে ডু বিবৃতির ব্যবহার খুব সুবিধেজনক। পূর্বের অনুচ্ছেদে আলোচিত উদাহরণটির সাহায্যে ডু বিবৃতির ব্যবহার ব্যাখ্যা করা হচ্ছে। অনেক সময় ডু বিবৃতি দ্বারা একটি লুপ নির্বাহ করার নির্দেশ সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়। সে সকল লুপকে **ডু লুপ** বলে।

```
C   EXPRESSION EVALUATION BY DO LOOP
    READ 2, X, K
2   FORMAT ( E 15.8, I 8 )
    A=1.
    DO 4 N=1, K
4   A=A * X/N
    PRINT 3, A
```

```
3  FORMAT ( 1 Hb̸, E 15.8 )
   STOP
   END
```

এখানে DO 4 N=1, K বিবৃতির দ্বারা, ডু বিবৃতিটির পরবর্তী এবং 4 নম্বর বিবৃতি পর্যন্ত (উভয়কে ধ'রে), সকল বিবৃতি K সংখ্যক বার কর্মে রূপান্তরিত হবে। অর্থাৎ প্রথমে N=1 ধ'রে বিবৃতিগুলি অনুযায়ী কাজ হবে, তারপরে N=2 ধ'রে এবং এইভাবে N-এর মান প্রতিবারে এক এক ক'রে বাড়িয়ে, সর্বসাকুল্যে K বার বিবৃতিগুলি অনুযায়ী কর্মসাধিত হবে। বর্তমান উদাহরণে অবশ্য ডু বিবৃতি এবং 4 নম্বর বিবৃতির মাঝে কোন বিবৃতি নেই এবং এটি একটি সহজ উদাহরণ। লক্ষণীয় যে এক্ষেত্রে ডু বিবৃতি ব্যবহারের ফলে দুটি নির্দেশ কম লাগে।

2.4 অনুচ্ছেদের দ্বিতীয় উদাহরণটি এবার আলোচনা করা যাক। সমস্যা হল, x এবং k-এর মান প্রদত্ত আছে

$$1+x+\frac{x^2}{2!}+\cdots\cdots+\frac{x^k}{k!}$$

শ্রেণীটির যোগফল নির্ণয় করতে হবে। লক্ষণীয়, যে শ্রেণীটির পদগুলি পূর্বের উদাহরণে নির্ণয় করা হয়ে গেছে। এখন শুধু পর পর যোগ করে যাওয়া বাকী। ডু বিবৃতির সাহায্যে প্রোগ্রামটি নিম্নরূপে রচনা করা যায়:

```
C  SERIES SUMMATION BY DO LOOP
   READ 2, X, K
2  FORMAT ( E 15.8, I8 )
   A=1.
   SUM=1.
   DO 4  N=1,K
   A=A * X/N
4  SUM=SUM+A
   PRINT 3, SUM
```

```
3  FORMAT ( 1 Hb̸, E 15.8 )
   STOP
   END
```

এখানে DO 4 N=1, K বিবৃতির ফলে

A=A * X/N এবং SUM=SUM+A

বিবৃতিদ্বয় পর পর N=1 থেকে K পর্যন্ত, সর্বমোট K বার কর্মে রূপান্তরিত হবে।

ডু বিবৃতি লেখার নিয়ম হল :

$$DO\ m\ i = l_1, l_2, l_3$$

```
  ...  ...  ...  ..  }  ডু বিবৃতির এলাকায়
  ...  ...  ...  ...  }
m ...  ...  ...  ...  }  অন্যান্য বিবৃতি
```

এখানে প্রোগ্রামস্থ একটি **নির্বাহযোগ্য বিবৃতির** বিবৃতি সংখ্যা হল m, i একটি অখণ্ড চলনাম এবং l_1, l_2, l_3 তিনটি ধনাত্মক অখণ্ড ধ্রুবক বা অখণ্ড চলনাম যাদের মান ধনাত্মক (শূন্য অপেক্ষা বড়)। বিশেষ ক্ষেত্রে $l_3 = 1$ হলে বিবৃতিটিকে নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$DO\ m\ i = l_1, l_2$$

```
  ...  ...  ...  ...  }  ডু বিবৃতির এলাকায়
  ...  ...  ...  ...  }
m ...  ...  ...  ...  }  অন্যান্য বিবৃতি
```

ডু বিবৃতির পরবর্তী, m নম্বর বিবৃতি পর্যন্ত সকল বিবৃতিকে ডু বিবৃতির এলাকা বলে। ডু বিবৃতির ফলে অখণ্ড চলনাম i-এর মান গোড়ায় l_1-এর সমান বসানো হবে এবং ডু বিবৃতির এলাকায় অন্যান্য বিবৃতিগুলি নির্বাহ হবে। অতঃপর i-র মান l_3 পরিমাণে বৃদ্ধি পাবে এবং ডু-এর এলাকাস্থ বিবৃতিগুলি নির্বাহ হবে। যতক্ষণ না i-এর মান l_2-এর চেয়ে বড় হয়, ততক্ষণ i-এর মান প্রতিবারে l_3 ক'রে বৃদ্ধি পেতে থাকবে এবং ডু-এর এলাকার বিবৃতিগুলি নির্বাহ হতে থাকবে। অনেক ক্ষেত্রে $l_3 = 1$ হয় এবং সেক্ষেত্রে i-এর মান প্রতিবারে এক ক'রে বৃদ্ধি পাবে।

ডু লুপ লেখা সম্বন্ধে কতকগুলি নিয়ম আছে। ডু লুপ ব্যবহার করার সময় নিয়মগুলি সম্বন্ধে সতর্ক থাকা দরকার। প্রথমতঃ ডু লুপের এলাকার শেষ

বিবৃতিটি (এখানে m নম্বরের বিবৃতি) একটি নির্বাহযোগ্য ফরট্রান বিবৃতি হতে হবে এবং অপর কোন নিয়ন্ত্রণ বদলির নির্দেশ হলে চলবে না, এমনকি **STOP** নির্দেশ হলেও চলবে না। উপরন্তু ডু লুপের এলাকার ভিতর প্রথম বিবৃতিটি (ডু নির্দেশের অব্যবহিত পরবর্তী নির্দেশ) নির্বাহযোগ্য হতে হবে। লক্ষণীয় যে, ডু বিবৃতিতে l_1, l_2 এবং l_3 ধনাত্মক অখণ্ড ধ্রুবক বা ধনাত্মক মান বিশিষ্ট অখণ্ড চলনাম হতে হবে এবং কোন পাটীগণিতীয় রাশিমালা হতে পারবে না। যেমন,

DO 4 I = 1, L − 1

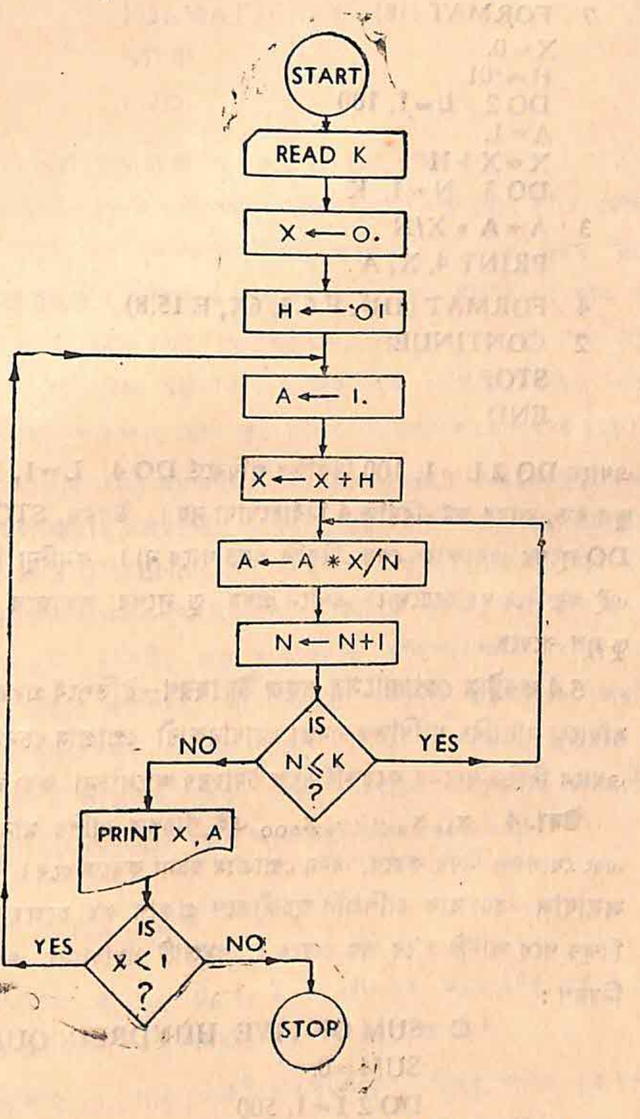
লিখলে ভুল হবে কারণ (L − 1) একটি রাশিমালা।

একটি ডু লুপের এলাকার অভ্যন্তরে অপর একটি ডু লুপ থাকতে পারে। কিন্তু সতর্ক থাকতে হবে যে একটি ডু লুপের এলাকা যেন অপর একটি ডু লুপের এলাকাকে ছেদ না করে। বিশেষ ক্ষেত্রে, একটি ডু লুপের এলাকার শেষ বিবৃতি এবং অভ্যন্তরস্থ ডু লুপের এলাকার শেষ বিবৃতি অভিন্ন হতে পারে। এতদ্ব্যতীত, বাইরে থেকে ডু লুপের এলাকার অভ্যন্তরস্থ কোন বিবৃতিতে কনট্রোল বদলি করা যাবে না। অনেক জটিল সমস্যার সমাধানে ডু লুপের ব্যবহার হয় এবং অনেক সময় ডু লুপের এলাকার শেষ বিবৃতি সম্বন্ধে ন্যায়গত অসুবিধে হয়। এই অসুবিধে দূর করার জন্য ডু লুপের শেষ বিবৃতি রূপে **CONTINUE** বা কন্‌টিন্যু বিবৃতিটি ব্যবহার করা হয়। **CONTINUE** প্রকৃতপক্ষে কোন ক্রিয়া নয় এবং এটিকে শূন্য ক্রিয়া ব'লে ধরা হয়। একটি উদাহরণের সাহায্যে বিষয়টা ব্যাখ্যা করা হচ্ছে।

উদা.—3. x = ·01 থেকে শুরু ক'রে, ·01 অন্তর x = 1 পর্যন্ত $\frac{x^k}{k!}$ রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর ; পূর্ণসংখ্যা k-এর মান প্রদত্ত আছে।

সমাধান—x-এর একটি নির্দিষ্ট মানের জন্য প্রোগ্রাম এবং প্রবাহচিত্র 2. উদাহরণে দেখানো হয়েছে। এখানে x = ·01 ধ'রে $x^k/k!$-এর মান নির্ণয় করতে হবে ; তারপর x-এর মান ·01 বাড়িয়ে, অর্থাৎ x = ·01 + ·01 = ·02 ধ'রে আবার $x^k/k!$-এর মান নির্ণয় করতে হবে এবং এভাবে, যতক্ষণ না x = 1 হয় ততক্ষণ x-এর মান ·01 ক'রে বাড়াতে হবে। লক্ষ্য করার বিষয় যে সর্বসাকুল্যে

100টি x-এর মানের জন্য রাশিমালাটির মান নির্ণয় করতে হবে। এক্ষেত্রে প্রবাহচিত্রটি নিম্নরূপ :



চিত্র 5.3 x-এর বিভিন্ন মানের জন্য $x^k/K!$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

আলোচ্য প্রোগ্রামটি নিম্নরূপে লেখা যায় :

```
C  EXPRESSION EVALUATION IN AN INTERVAL
   READ 7, K
7  FORMAT (I8)
   X=0.
   H=·01
   DO 2  L=1, 100
   A=1.
   X=X+H
   DO 3  N=1, K
3  A=A * X/N
   PRINT 4, X, A
4  FORMAT (1Hḃ, F 6.2, 6X, E 15.8)
2  CONTINUE
   STOP
   END
```

এখানে DO 2 L=1, 100 বিবৃতির পরিবর্তে DO 4 L=1, 100 লিখলে ভুল হত, কারণ ফর্মা-বিবৃতি 4 নির্বাহযোগ্য নয়। উপরন্তু, STOP বিবৃতিও DO লুপের এলাকার শেষ বিবৃতি হতে পারে না। কন্‌টিন্যু বিবৃতির দ্বারা এই অসুবিধে দূর হয়েছে। এখানে প্রথম ডু লুপের অভ্যন্তরে আর একটি ডু লুপ রয়েছে।

5.4 ফরট্রান প্রোগ্রামের সহজ উদাহরণ—ইতিপূর্বে প্রদত্ত নিয়মাবলীর সাহায্যে নানাবিধ গাণিতিক সমস্যা সমাধানকারী প্রোগ্রাম রচনা করা যায়। এখানে বিভিন্ন ধরনের কয়েকটি সহজ উদাহরণ আলোচনা করা হচ্ছে।

উদা. 4. $x_1, x_2, \cdots, x_{500}$ এই পাঁচশত রাশির মান পাঠ করবে এবং যোগফল নির্ণয় করবে, এমন প্রোগ্রাম রচনা করতে হবে।

সমাধান—ধরা যাক রাশিগুলি সূচকীরূপে প্রকাশ করা হয়েছে এবং দশমিক বিন্দুর পরে আটটি ক'রে অঙ্ক রয়েছে। সমস্যাটি সমাধানের একটি প্রোগ্রাম নিম্নরূপ :

```
C  SUM OF FIVE HUNDRED QUANTITIES
   SUM=0.
   DO 2 I=1, 500
   READ 3, X
```

```
   2  SUM=SUM+X
      PRINT 4, SUM
   4  FORMAT (1Hb̸, E 15.8)
   3  FORMAT (E 15.8)
      STOP
      END
```

এখানে ডু বিবৃতির দ্বারা প্রথমে I=1 ধরা হবে, প্রথম তথ্য কার্ডটি পাঠ করা হবে এবং SUM নামক স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত মানের সঙ্গে যোগ ক'রে, যোগফল পুনরায় SUM-এর স্মৃতিকোঠায় সঞ্চয় করা হবে। কিন্তু শুরুর নির্দেশে SUMকে শূন্য মান আরোপ করা হয়েছে। কাজেই SUM-এর মান প্রথম রাশিটির মানের সমান হল। অতঃপর I=2 ধরা হবে, দ্বিতীয় তথ্য কার্ডটি পাঠ করা হবে এবং SUM-এর মানের সঙ্গে যোগ করা হবে। এভাবে পাঁচশতটি মান পাঠ করে যোগ করা হয়ে গেলে ফলাফল ছেপে বের হবে।

এই সমস্যাটি একটু অন্যভাবেও সমাধান করা যায়। ফরট্রান ভাষায় এরূপ ক্ষেত্রে **উপাক্ষরীয় চলরাশির** ব্যবহার করা যায়। সেক্ষেত্রে প্রোগ্রামের গোড়ায় একটি DIMENSION (বা মাত্রা) বিবৃতি লিখতে হয়, যার থেকে কমপিউটারের সংকলক বুঝতে পারে যে রাশিটি একটি উপাক্ষরীয় চলরাশি এবং তাহলে রাশিটির জন্য প্রয়োজনীয় স্মৃতিকোঠাগুলি খালি রেখে দেওয়া হবে। জটিলতর নানারকমের সমস্যায় উপাক্ষরীয় চলরাশির বিশেষ প্রয়োজন হয়। বর্তমান পুস্তকটি যেহেতু দশম শ্রেণীর ছাত্রদের জন্য রচিত একটি প্রারম্ভিক পুস্তক, সেজন্য এখানে উপাক্ষরীয় চলরাশি বা DIMENSION বিবৃতি সম্বন্ধে আর আলোচনা করা হবে না।

উদা. 5. $E=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-x^2/2\sigma(x+1)}$

রাশিমালাটির মান x=0, 1, 2,..., 10-এর জন্য নির্ণয় করতে হবে, যেখানে বাস্তব রাশি σ (সিগমা)-এর মান প্রদত্ত আছে।

সমাধান—π (পাই) একটি বাস্তব ধ্রুবক। আমরা আসন্ন ছয় দশমিক স্থান পর্যন্ত π-এর মান 3·141593 গ্রহণ করব। লক্ষ্য করার বিষয় যে, x-এর

মান বর্তমান সমস্যায় অখণ্ড রাশি রূপে প্রদত্ত হলেও, সূচকী ফাংশনের জন্য $\left\{-\frac{x^2}{2\sigma(x+1)}\right\}$ রাশিমালাটিকে বাস্তব রূপে প্রকাশ করতে হবে। কাজেই সমস্ত গণনাই বাস্তবরূপে করা যেতে পারে। ডু লুপের সাহায্যে নিম্নরূপে প্রোগ্রামটি রচনা করা যায় :

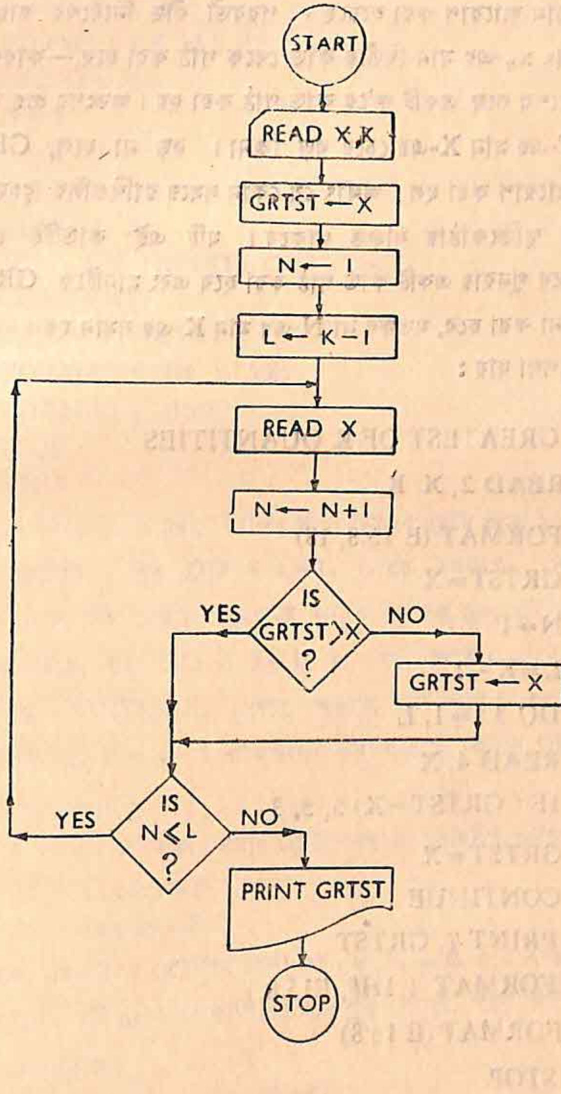
```
C  FUNCTION EVALUATION
   READ 2, SIGMA
2  FORMAT ( F 13.6 )
   PI=3·141593
   A=SQRT (2. * PI)
   X=-1.
   H=1.
   DO 5 I=1, 11
   X=X+H
   E=EXP (-X*X/(2.*SIGMA* (X+1.)))/A
   PRINT 7,E
5  CONTINUE
7  FORMAT (1H𝑏̸, E 15·6)
   STOP
   END
```

এখানে ডু লুপের এলাকার শেষ প্রান্তের নির্দেশরূপে CONTINUE বিবৃতিটি রাখা হয়েছে ; তৎপরিবর্তে কিন্তু PRINT 7, E নির্দেশটিকে ডু লুপের শেষ নির্দেশ রূপে গ্রহণ করা চলত। তবে, ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, CONTINUE বিবৃতিকে ডু লুপের এলাকার শেষ বিবৃতিরূপে গ্রহণ করার অভ্যাস অনুমোদনযোগ্য।

উদা 6. k সংখ্যক রাশি $x_1, x_2, \cdots, x_k$-এর মান প্রদত্ত আছে ; বৃহত্তমটির মান নির্ণয় করার প্রোগ্রাম রচনা করতে হবে।

সমাধান—ইতিপূর্বে, 2.3 অনুচ্ছেদে তিনটি সংখ্যার বৃহত্তমটির মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র আলোচনা করা হয়েছে। এক্ষেত্রে আমরা চিত্র 2.6-এ

প্রদত্ত প্রবাহচিত্রটির মত অগ্রসর হতে পারি এবং বর্তমান সমস্যাটি নিম্নরূপ প্রবাহচিত্রের দ্বারা সমাধান করতে পারি :



চিত্র 5.4 k সংখ্যক রাশির বৃহত্তমটি নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র

এখানে, প্রথম রীড নির্দেশের দ্বারা x_1-এর মান পাঠ করা হবে এবং পরবর্তী নির্দেশে সেই মান GRTSTকে আরোপ করা হবে। একটি কার্ড ক'মে যাওয়ার পর Lকে (K−1) মান আরোপ করা হয়েছে এবং গোড়াতে Nকে 1 মান আরোপ করা হয়েছে। পরবর্তী রীড নির্দেশের দ্বারা দ্বিতীয় রাশি অর্থাৎ x_2-এর মান দ্বিতীয় কার্ড থেকে পাঠ করা হবে,—কারণ প্রত্যেক রীড নির্দেশের সঙ্গে একটি ক'রে কার্ড পাঠ করা হয়। অতঃপর প্রশ্ন করা হচ্ছে GRTST-এর মান X-এর চেয়ে বড় কিনা। বড় না হলে, GRTSTকে X মান আরোপ করা হল; অর্থাৎ যে কোন সময়ে রাশিগুলির বৃহত্তম মানটি GRTST স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত থাকবে। যদি এই কার্ডটিই শেষ কার্ড না হয়, তবে পুনরায় একটি কার্ড পাঠ করা হবে এবং মানটিকে GRTST-এর সঙ্গে তুলনা করা হবে, যতক্ষণ না N-এর মান K-এর সমান হয়। প্রোগ্রামটি নিম্নরূপে লেখা যায়:

```
C  GREATEST OF K QUANTITIES
   READ 2, X, K
2  FORMAT (E 15.8, I8)
   GRTST=X
   N=1
   L=K-1
   DO 3 I=1, L
   READ 4, X
   IF ( GRTST-X) 5, 5, 3
5  GRTST=X
3  CONTINUE
   PRINT 7, GRTST
7  FORMAT ( 1Hb, E15.8 )
4  FORMAT (E 15·8)
   STOP
   END
```

ন্যায় ইফের প্রয়োগে এক্ষেত্রে প্রোগ্রামটি আরও সহজে নিম্নরূপে লেখা যায় :

```
C  GREATEST OF K QUANTITIES BY LOGICAL IF
   READ 2, X, K
2  FORMAT ( E 15.8, I8)
   GRTST=X
   N=1
   L=K-1
   DO 9 I=1, L
   READ 4, X
8  IF (X. GT. GRTST) GRTST=X
9  CONTINUE
   PRINT 7, GRTST
7  FORMAT ( IH฿, E15.8)
4  FORMAT ( E15·8)
   STOP
   END
```

লক্ষ্য করার বিষয় যে, 8 নম্বর বিবৃতির দ্বারা নিয়ন্ত্রণ বদলি হচ্ছে না। অতএব, 8 নম্বর বিবৃতিটি ডু লুপ DO 8 I=1, L-এর এলাকার শেষ বিবৃতি হতে কোন আপত্তি নেই। সেক্ষেত্রে আরও সংক্ষিপ্ত রূপে CONTINUE বিবৃতি বাদ দিয়ে, শুধু DO 8 I=1, L লেখা চলত। তবে ডু লুপের শেষ বিবৃতি CONTINUE লেখার অভ্যাস করা ভাল। এখানে ডু লুপ আরম্ভ করার পূর্বে L=K-1 প্রতিস্থাপন করা হয়েছে, কারণ DO 8 I=1, K-1 লেখা চলে না।

বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যার সমাধানে উপরের প্রোগ্রামটির প্রয়োজন হয়।

উদা. 7. $ax+by=c$

$dx+ey=f$

সমীকরণদ্বয় সমাধানের প্রোগ্রাম রচনা কর; a, b, c, d, e, f বাস্তব রাশি।

সমাধান—যদি $ae-bd$ রাশিটির মান শূন্য না হয়, তবে সমীকরণদ্বয়ের একমাত্র সমাধান হল

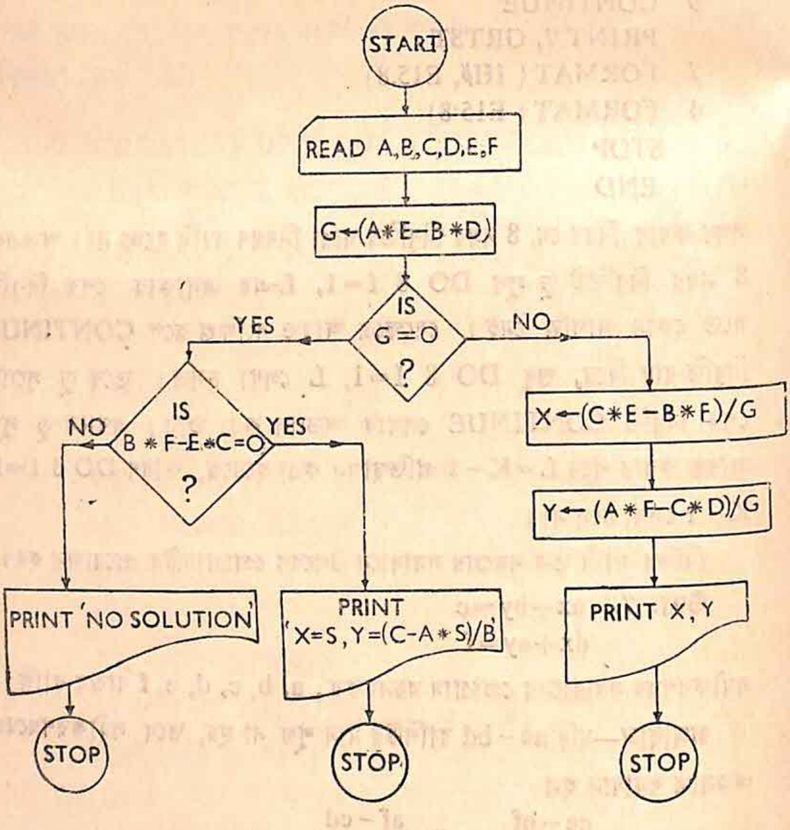
$$x=\frac{ce-bf}{ae-bd}, \quad y=\frac{af-cd}{ae-bd}$$

কিন্তু যদি ae − bd = 0 হয়, তাহলে দেখতে হবে bf − ce-র মান ও শূন্য কিনা। যদি bf − ce-র মান শূন্য না হয়, তবে সেক্ষেত্রে সমীকরণদ্বয় সমাধানযোগ্য নয়; অন্যথায় যদি bf − ce = 0 হয়, তবে সমীকরণদ্বয় সমাধানযোগ্য, কিন্তু কোন একমাত্র সমাধান থাকবে না। এক্ষেত্রে সমাধান হল,

$$x = s$$

$$y = \frac{c - as}{b}$$, যেখানে s যে-কোন বাস্তব সংখ্যা।

লক্ষণীয় যে, এক্ষেত্রে b-র মান শূন্য হতে পারে না, কারণ তাহলে a এবং c উভয়ই শূন্য হবে এবং সেক্ষেত্রটি বাদ দেওয়া যেতে পারে। সমস্যাটি সমাধানের প্রবাহচিত্র নিম্নরূপ :



চিত্র 5.5 দুটি রৈখিক সহ-সমীকরণ সমাধানের প্রবাহচিত্র

এই প্রবাহচিত্রটিকে ফরট্রান ভাষায় নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় :

```
C  SOLUTION OF SIMULTANEOUS EQUATIONS
   READ 15, A, B, C, D, E, F
15 FORMAT (6 E 13.6)
   G=A * E-B * D
   IF (G) 4,5, 4
5  IF (B * F-E * C) 7, 8, 7
7  PRINT 9
9  FORMAT (1 Hb̸, 'NO SOLUTION')
   GO TO 12
8  PRINT 10
10 FORMAT (1Hb̸, 'X=S, Y=(C-A * S)/B')
   GO TO 12
4  X=(C * E-B * F)/G
   Y=(A * F-C * D)/G
   PRINT 11, X, Y
11 FORMAT (1Hb̸, 2E 17.6)
12 STOP
   END
```


লক্ষ্য করার বিষয় যে, 15 নম্বর বিবৃতিতে FORMAT (6 E 15.8) লেখা চলে না, কারণ সেক্ষেত্রে 90(=6×15) স্তম্ভের প্রয়োজন হয়, এবং একটি পাঞ্চ কার্ডে মাত্র 80টি স্তম্ভ থাকে। অবশ্য একাধিক কার্ড ব্যবহার করলে কোন অসুবিধে নেই। 9 বা 10 নম্বর ফর্মা বিবৃতিতে হলেরিথ প্রতীকের সরলীকৃত রূপ ব্যবহার করা হয়েছে। অনেক যন্ত্রগণকে এভাবে লেখার সুবিধে থাকে না,—সেক্ষেত্রে 9 বা 10 নম্বর বিবৃতির পরিবর্তে উপযুক্ত ফর্মা বিবৃতি ব্যবহার করতে হবে। এখানে কেবল পাটীগণিতীয় ইফ বিবৃতি ব্যবহার করা হয়েছে। তৎপরিবর্তে ন্যায় ইফ ব্যবহার করে প্রোগ্রামটিকে সংক্ষিপ্ত করা যেতে পারে।

উদা. ৪. – IBM 1130 কমপিউটারে x=2·0র জন্য

$$SUM = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \cdots\cdots (\text{শততম পদ পর্যন্ত})$$

এবং $Y = e^2$ এর মান নির্ণয় করা, নিম্নের উদাহরণে ঐ কমপিউটারের কণ্ট্রোল নির্দেশ ও ফলাফল সমেত দেখানো হল।

প্রোগ্রাম—

```
// JOB
LOG DRIVE  CART SPEC  CART AVAIL  PHY DRIVE
    0000        0006        0006        0000
V2 M08  ACTUAL 16K CONFIG 16K
// FOR
* LIST SOURCE PROGRAM
* EXTENDED PRECISION
* IOCS ( CARD, 1132 PRINTER )
        K=100
8       X=2.
        Y=EXP (X)
        N=1
        A=1.
        SUM=1.
5       A=A*X/N
        SUM=SUM+A
        N=N+1
        IF (N-K) 5, 6, 6
6       WRITE (3, 10) SUM, Y
10      FORMAT (5X, F12. 6, 5X, F12. 6)
        CALL EXIT
        END
```

সংকলন—

```
UNREFERENCED STATEMENTS
 8
FEATURES SUPPORTED
 EXTENDED PRECISION
 IOCS
CORE REQUIREMENTS FOR
 COMMON 0 VARIABLES 22 PROGRAM 108
END OF COMPILATION
// XEQ
```

ফলাফল –

SUM=7.389056   Y=7.389056

এখানে //JOB, //FOR, * IOCS (CARD, 1132 PRINTER) এবং //XEQ নির্দেশগুলি IBM 1130 কমপিউটারের কণ্ট্রোল নির্দেশ। অন্য কমপিউটারে নির্দেশগুলি হয়ত আলাদা হবে। লক্ষণীয় যে প্রিণ্ট নির্দেশটি এখানে

6 WRITE (3, 10) SUM, Y

রূপে লেখা হয়েছে। বন্ধনীর ভিতরের প্রথম অঙ্ক অর্থাৎ 3 মুদ্রণযন্ত্রের নিয়ন্ত্রণ সংকেত এবং 10 সংখ্যাটি সংশ্লিষ্ট ফর্মা বিবৃতির বিবৃতিসংখ্যা। পুনশ্চ, Y=EXP (X) নির্দেশের দ্বারা কমপিউটারের অভ্যন্তরে বিশেষজ্ঞদের দ্বারা সূচক ফাংশনের মান নির্ণয় করার যে প্রোগ্রাম রাখা রয়েছে, সেই প্রোগ্রামের দ্বারা মান নির্ণীত হবে। দেখা যাচ্ছে সপ্তম সার্থক অঙ্ক পর্যন্ত উভয় মান অভিন্ন।

প্রশ্নমালা—5

কোন কিছু বলা না থাকলে, রাশিগুলিকে বাস্তব রাশি ধরতে হবে।

1. তিনটি সংখ্যা A, B, Cর বৃহত্তমটি নির্ণয়ের একটি প্রবাহচিত্র 2.5 চিত্রে দেওয়া হয়েছে। ঐ প্রবাহচিত্র অনুযায়ী ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর।

2. তিনটি সংখ্যার বৃহত্তমটি নির্ণয়ের বিকল্প প্রবাহচিত্র 2.6 অনুযায়ী ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর।

3. প্রবাহচিত্র 2.7 অনুযায়ী $|a-b|$ রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর; বাস্তব রাশি a এবং bর মান প্রদত্ত আছে।

4. a, b এবং cর মান প্রদত্ত আছে; $ax^2+bx+c=0$ দ্বিঘাত সমীকরণটির সমাধান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

5. প্রবাহচিত্র 2·9কে ফরট্রান ভাষায় রূপান্তরিত কর।

6. অবাস্তব মান সহ $\sqrt{x}$-এর মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র 2.11 চিত্রে দেওয়া হয়েছে; ঐ প্রবাহচিত্র অনুযায়ী ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর।

7. বাস্তব রাশি x এবং পূর্ণসংখ্যা kর মান প্রদত্ত আছে; $\frac{x^k}{k}$ রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

8. বাস্তব রাশি x এবং পূর্ণসংখ্যা kর মান প্রদত্ত আছে;

$$1+x+\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}+\cdots\cdots+\frac{x^k}{k}$$

শ্রেণীটির যোগফল নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

9. ফিবনাচী পরম্পরায় 5000-এর অধিক প্রথম পদ নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র হল চিত্র 2.15; ঐ পরম্পরার k-এর অধিক প্রথম পদ নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর। k পূর্ণ সংখ্যার মান প্রদত্ত আছে।

10. বাস্তবরাশি a, b, c-র মান প্রদত্ত আছে। $x = \cdot1, \cdot2, \cdot3, \ldots, 1$ মানগুলির জন্য

$$\frac{ax+b}{ax-b}+\sqrt{c-x^2}$$

রাশিমালাটির মান নির্ণয়ের প্রবাহচিত্র 2.16 অনুযায়ী ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর। ডু-লুপ ব্যবহার করলে প্রোগ্রামটি কিরূপ দাঁড়াবে?

11. $x=\cdot01$ থেকে শুরু ক'রে ·01 অন্তরে, $0<x<1$ এর-জন্য

$$1+x+x^2+\cdots\cdots+x^{k-1}$$

শ্রেণীর যোগফল নির্ণয়ের ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর। অখণ্ড রাশি k-এর মান প্রদত্ত আছে।

12. $x = \cdot 05$ থেকে শুরু করে $\cdot 05$ অন্তরে, $0 < x < 1$-এর জন্য

$$1 + x + \frac{x^2}{2} + \dots\dots + \frac{x^k}{k}$$

শ্রেণীটির যোগফল নির্ণয়ের ফরট্রান প্রোগ্রাম রচনা কর। পূর্ণসংখ্যা k-এর মান প্রদত্ত আছে।

13. বাস্তব রাশি x এবং ϵ (এপসাইলন) প্রদত্ত রাশি। যদি

$$SUM = 1 + x + \frac{x^2}{2!} + \cdots + \frac{x^{k-1}}{(k-1)!}$$

হয়, যেখানে $x^k/k! < \epsilon$, তবে SUM এবং পূর্ণসংখ্যা k-এর মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

14. $x = -8, \ -7, \ -6, \ -5, \ -4, -3, \ -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4$

এই কয়টি মানের জন্য

$$E = \frac{x^3 + 2x^2 + 4x + 1}{x - 5}$$

রাশিমালার মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

15. $x = -8, \ -6, \ -4, \ -2, \ 0, \ 2, \ 4$ মানগুলির জন্য 14. নম্বর প্রশ্নে প্রদত্ত রাশিমালার মান নির্ণয় করার প্রোগ্রাম রচনা কর।

16. যদি

$$E = \frac{x^2 + 2xy + 3y^2}{y^3 + 3x^2y + x^4}$$

হয়, তবে $x = -5, \ -4, \ -3, \ -2, \ -1, 0, 1, 2, 3,$

এবং $y = 0, 1, 2, 3, 4$

এই মানগুলির প্রত্যেক যুগ্মের জন্য E রাশিমালার মান নির্ণয়ের প্রোগ্রাম রচনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায়

ন্যায় বর্তনীর মৌল উপাদান। দ্বিনিধানী সংখ্যা। যোগ ও বিয়োগ বর্তনী

6.1 সংখ্যার রূপায়ণ। দশমিক, অষ্টকী ও দ্বিনিধানী সংখ্যা— বলতে পার বিজ্ঞানের প্রায় সব বিষয়ে গণিতের বহুল ব্যবহারের কারণ কি? গণিতিক যুক্তিশাস্ত্রের মাধ্যমে সমস্যাগুলিকে বিশ্লেষণ ক'রে যে সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায় তা অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অভ্রান্ত হয়। এ ছাড়া প্রতীকের সাহায্যে অনেক সহজে একটি জটিল তত্ত্বকে প্রকাশ করা যায়। প্রতীকের ব্যবহারেই একটা বিষয়বস্তু গাণিতিক রূপ লাভ করে। এইসব কারণে আজকাল গবেষকরা গণিতের ব্যবহারের জন্য সব সময়ে সচেষ্ট থাকেন। গণিতের প্রতীকে একটা সমস্যার সমাধান বা একটা নতুন আবিষ্কারকে প্রকাশ করতে পারলে ভাবা হয় যে কাজটা সার্থক ও সুন্দর হল।

সংখ্যা ও সাংখ্য প্রতীক এবং নিধান—বিজ্ঞানের শৈশব থেকেই প্রতীকের ব্যবহার চালু আছে। সংখ্যা আবিষ্কার গণিতের তথা সভ্যজগতের অগ্রগমনের পথে একটা বিরাট পদক্ষেপ। হাজার হাজার বছর আগেও সংখ্যাগুলিকে এক একটি প্রতীকের সাহায্যে প্রকাশ করা হত। কিন্তু সংখ্যাগুলি এক হলেও বিভিন্ন সভ্যতা, বিভিন্ন কালে ভিন্ন ভিন্ন প্রতীকের দ্বারা তাদের সূচিত করত। একই সংখ্যার বহু প্রতীক হতে পারে। যেমন, একশ তেইশ সংখ্যাটিকে

(a) মিশরীয়রা লিখত ?∩∩III, (b) রোমনরা লিখত LXXIII, এবং বাংলায় লেখা হয় ১২৩ রূপে।

হিন্দু-আরব পদ্ধতিতে শূন্য, এক, দুই, তিন, চার, পাঁচ, ছয়, সাত, আট

এবং নয়, এই স্বাভাবিক সংখ্যাগুলিকে যথাক্রমে 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 এবং 9 প্রতীকগুলি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

আমরা জানি, স্বাভাবিক সংখ্যাগুলির (N) মধ্যে কনিষ্ঠতম হল এক এবং ঊর্ধ্বক্রম সারিতে লিখলে সংখ্যাগুলি হল এক, দুই, তিন, চার, পাঁচ… ইত্যাদি।

এদের মধ্যে সব থেকে বড় কোন্‌টি? এ প্রশ্নের উত্তরে বলতে হয়, স্বাভাবিক সংখ্যাগুলির সেটটি অসীম। এর কোনো শেষ সংখ্যা নেই এবং সব থেকে বড় স্বাভাবিক সংখ্যা বলেও কিছু নেই। তাই যদি হয়, তাহলে এই অসীম সংখ্যক সংখ্যাগুলিকে প্রকাশের জন্য নিশ্চয় অসীম সংখ্যক প্রতীকের প্রয়োজন হবে? অসীম সংখ্যক প্রতীককে কিন্তু মনে রাখা সম্ভব নয়। সংখ্যা আবিষ্কারের প্রথম যুগে প্রতীক ব্যবহারের এটাই একটা মস্তবড় অসুবিধে ছিল। পরবর্তীকালে দেখা যায়, অসীম সংখ্যক স্বাভাবিক সংখ্যাগুলিকে যে কোনো সসীম সংখ্যক প্রতীকের সাহায্যে প্রকাশ করা সম্ভব।

যদি b সংখ্যক প্রতীকের সাহায্যে সংখ্যাগুলিকে প্রকাশ করা যায় তবে যে পাটীগণিতের উৎপত্তি হয় তাকে বলা হয় **'b-নিধানী' পাটীগণিত** এবং এই b সংখ্যাটিকে ঐ বিশেষ পাটিগণিতের **নিধান** বলা হয়। এইভাবে বিভিন্ন নিধানের মাধ্যমে যে সব পাটীগণিত পাওয়া যায় তাদের কয়েকটিকে নিম্নে তালিকাবদ্ধ করা হল :

নিধান	সাংখ্য প্রতীক	পাটিগণিত
দশ	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 এবং 9	দশমিক
আট	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, এবং 7	অষ্টকী
তিন	0, 1 এবং 2	ত্রিনিধানী
দুই	0 এবং 1	দ্বিনিধানী

সারণি 6.1 নিধান ও সাংখ্য প্রতীকের তালিকা

দশমিক পদ্ধতি—সব থেকে বেশী প্রচলিত হল দশমিক পাটীগণিত। দশমিক পাটীগণিতের নিধান হল দশ। অর্থাৎ এক্ষেত্রে মাত্র দশটি প্রতীকের ব্যবহারে অসীম সংখ্যক স্বাভাবিক সংখ্যাগুলিকে সূচিত করা হয়। এই

দশটি প্রতীক হল 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 এবং 9. কিভাবে এটা করা হয়, তা এখন আলোচনা করা হচ্ছে।

দশমিকে দশ, একশ, হাজার, ইত্যাদি সংখ্যাগুলিকে 10, 100, 1000 ইত্যাদি সাংখ্য প্রতীকে সূচিত করা হয়। এরপর অন্য সংখ্যাগুলিকে 1, 10, 100, 1000 ইত্যাদির সাহায্যে চিহ্নিত করা যেতে পারে। যেমন

উননব্বই $=80+9=8\times10^1+9\times10^\circ=89$

আটশত উননব্বই $=800+80+9=8\times10^2+8\times10^1+9\times10^\circ$
$=889$

লক্ষ্য করার বিষয় যে, 889 সংখ্যাটিতে বাঁদিক থেকে প্রথম আটের মান, পরবর্তী আটের মানের দশগুণ, কারণ, প্রথম আটটি শতক স্থানে রয়েছে, আর দ্বিতীয়টি আছে দশকের স্থানে। অনুরূপে,

$$34567=3\times10000+4\times1000+5\times100+6\times10+7\times1$$
$$=3\times10^4+4\times10^3+5\times10^2+6\times10^1+7\times10^\circ$$

লক্ষণীয় যে, ডানদিকের রাশিমালাটির দশের বিভিন্ন সূচকের সহগগুলি পর পর লিখলেই 34567 সংখ্যাটি পাওয়া যায়।

এর থেকে বোঝা যাচ্ছে যে একটি পূর্ণসংখ্যা Nকে দশমিক পদ্ধতিতে নিম্নরূপে লেখা যায় :

$$N=\ldots n_4n_3n_2n_1n_0$$
$$=n_0\times10^0+n_1\times10^1+n_2\times10^2+n_3 10^3+\ldots$$
$$=\sum_i n_i\times10^i \qquad (1)$$

এখানে $n_0,n_1,n_2,n_3,\cdots$ইত্যাদি প্রতীকগুলি 0,1,2,3,4,5,6,7,8 এবং 9-এর মধ্যে কোনো একটি হবে। $n_0,n_1,n_2,n_3,\ldots$ইত্যাদি অংকগুলিকে একক, দশক, শতক, সহস্র⋯ইত্যাদি স্থানাধিকারি অংক বলা হয়।

অষ্টকী পদ্ধতি—মেট্রিক প্রণালীর সঙ্গে আজকাল আমাদের দেশে সবাই অল্পবিস্তর পরিচিত। বাল্যকাল থেকেই তোমরা দশমিক পদ্ধতিতে কাজ করতে অভ্যস্ত। শৈশবে যে নামতা শিখেছ তাও দশমিক নামতা। এর থেকে যদি ধারণা হয় যে দশমিক পদ্ধতি সব থেকে সুবিধাজনক বা এর বিশেষ কিছু গুণ আছে তবে তা ভুল হবে। দশমিক পদ্ধতির বহুল প্রচলনের কারণ

এই যে প্রকৃতির খেয়ালে মানুষের দুহাত মিলে দশটি আঙুল আছে। যারা আমাদের পূর্বপুরুষ য়্যাংওয়ারিব বনমানুষদের কথা অবগত আছে তারা নিশ্চয় জানে যে ওদের হাতে চারটি করে সবশুদ্ধ আটটি আঙুল ছিল। ওদের সময়ে যদি কোনো গণনা পদ্ধতির প্রচলন থাকত তবে সেটা নিশ্চয় অষ্টকী পদ্ধতি হত।

অষ্টকী পদ্ধতিতে 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 এবং 7 এই আটটি প্রতীকের সাহায্যে সমস্ত সংখ্যাকে রূপায়িত করা হয়। দশমিক সংখ্যা থেকে পার্থক্য বোঝানোর জন্য অষ্টকী সংখ্যা বন্ধনীতে লিখে উপাক্ষর আট লেখা হবে। যেমন, $(17)_8$ দ্বারা অষ্টকী 17 সংখ্যা বোঝায়। লক্ষণীয় যে অষ্টকী 17 দশমিক 17 থেকে আলাদা, কারণ $(17)_8 = 7\times8^\circ + 1\times8^1 = 7\times1 + 1\times8 = 15$,

অর্থাৎ অষ্টকী 17 দশমিক 15-এর সমান অনুরূপভাবে,

(i) $(34567)_8 = 7\times8^0 + 6\times8^1 + 5\times8^2 + 4\times8^3 + 3\times8^4$,

এবং (ii) $(507210)_8 = 0\times8^0 + 1\times8^1 + 2\times8^2 + 7\times8^3 + 0\times8^4 + 5\times8^5$.

উপরের উদাহরণ থেকে দেখা যায় যে, কোনো পূর্ণসংখ্যা N অষ্টকীতে লেখা যায়

$$N = n_0\times8^\circ + n_1\times8^1 + n_2\times8^2 + \cdots = \sum_i n_i\times8^i \qquad (2)$$

রূপে, যেখানে n_0, n_1, $n_2\cdots$ইত্যাদি প্রতীকগুলি 0,1,2,3,4,5, 6, এবং 7-এর যে কোন একটি হবে।

এখানে $n_0, n_1, n_2\cdots$অংকগুলি দশমিকের একক, দশক, শতক ইত্যাদি স্থানাধিকারী হলেও যথাক্রমে এক, আট, চৌষট্টি ইত্যাদির গুণিতক হবে।

লক্ষ্য করার বিষয় যে, সাধারণতঃ দশমিকে একটি সংখ্যাকে লেখা হলে তার নিধান লেখা হয় না। অতএব কোনো সংখ্যার নিধান দেওয়া না থাকলে ধরে নিতে হবে যে সংখ্যাটি দশমিকে লেখা হয়েছে। উপরন্তু, $(25)_8$ সংখ্যাটিকে 'পঁচিশ নিধান আট' না ব'লে 'দুই-পাঁচ' নিধান আট' অথবা 'অষ্টকী দুই-পাঁচ' বলা উচিত।

দ্বিনিধানী পদ্ধতি—দ্বিনিধানী পদ্ধতিতে নিধান হল 2 এবং 0 ও 1 এই দুটি প্রতীকের সাহায্যে সমস্ত সংখ্যাকে রূপায়িত করা হয়। 0 ও 1 এই দুটি অংকের পৌনঃপুনিক ব্যবহারে যে-কোন সংখ্যাকে প্রকাশ করা সম্ভব। এই পদ্ধতিতে দশমিকের একক, দশক, শতক, সহস্র ইত্যাদি স্থানাধিকারী অংকগুলিকে যথাক্রমে $2^0, 2^1, 2^2, 2^3 \cdots\cdots$, ইত্যাদি সংখ্যা দিয়ে গুণ করতে হয়।

দ্বিনিধানীতে যে-কোনো পূর্ণ সংখ্যা Nকে আমরা নিম্নরূপে লিখতে পারি :

$$N = n_0 \times 2^0 + n_1 \times 2^1 + n_2 \times 2^2 + n_3 \times 2^3 + \cdots = \sum_i n_i \times 2^i \qquad (3)$$

যেখানে $n_0, n_1, n_2, n_3, \cdots$ ইত্যাদি প্রতীকগুলি 0 অথবা 1-এর মধ্যে কোনো একটি হবে। উদাহরণস্বরূপ,

(i) $(101010)_2 = 0 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^5$,

এবং (ii) $(1111100)_2 = 0 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^6$.

লক্ষণীয় যে, এই দ্বিনিধাণী সংখ্যাদ্বয়ের মধ্যে প্রথমটিতে ছয়টি অঙ্ক আছে এবং সংখ্যাটির প্রসারিত রূপে 2-এর সর্বোচ্চ সূচক ছয়ের থেকে এক কম, অর্থাৎ 5. অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় সংখ্যাটিতে সাতটি অঙ্ক থাকায় 2-এর সর্বোচ্চ সূচক হল $7-1=6$. উপরন্তু (1), (2) এবং (3) সমীকরণ থেকে দেখা যায়, কোনো পূর্ণসংখ্যা Nকে

$$N = \sum_i n_i \times B^i \qquad (4)$$

রূপে প্রকাশ করা যায়, যেখানে পদ্ধতিটির নিধান হল B এবং সহগ n_0, n_1, $n_2, \cdots$ ইত্যাদি B-এর চেয়ে ক্ষুদ্র ধনাত্মক পূর্ণসংখ্যা সূচিত করে।

আলোচ্য সংখ্যা N যদি একটি পূর্ণসংখ্যা না হয়, তাহলেও Nকে (4) সমীকরণে প্রদত্ত শ্রেণীর ন্যায় রূপায়িত করা যায়, তবে সেক্ষেত্রে শ্রেণীটির পদসংখ্যা অসীম হতে পারে।

নীচের সারণিতে এক থেকে ষোল পর্যন্ত সংখ্যাগুলিকে দশমিকে, অষ্টকীতে এবং দ্বিনিধাণীতে লেখা হয়েছে।

সংখ্যা	দশমিক	অষ্টকী	দ্বিনিধাণী
শূন্য	0	0	0
এক	1	1	1
দুই	2	2	10
তিন	3	3	11
চার	4	4	100
পাঁচ	5	5	101
ছয়	6	6	110
সাত	7	7	111
আট	8	10	1000
নয়	9	11	1001
দশ	10	12	1010
এগার	11	13	1011
বার	12	14	1100
তের	13	15	1101
চোদ্দ	14	16	1110
পনের	15	17	1111
ষোল	16	20	10000

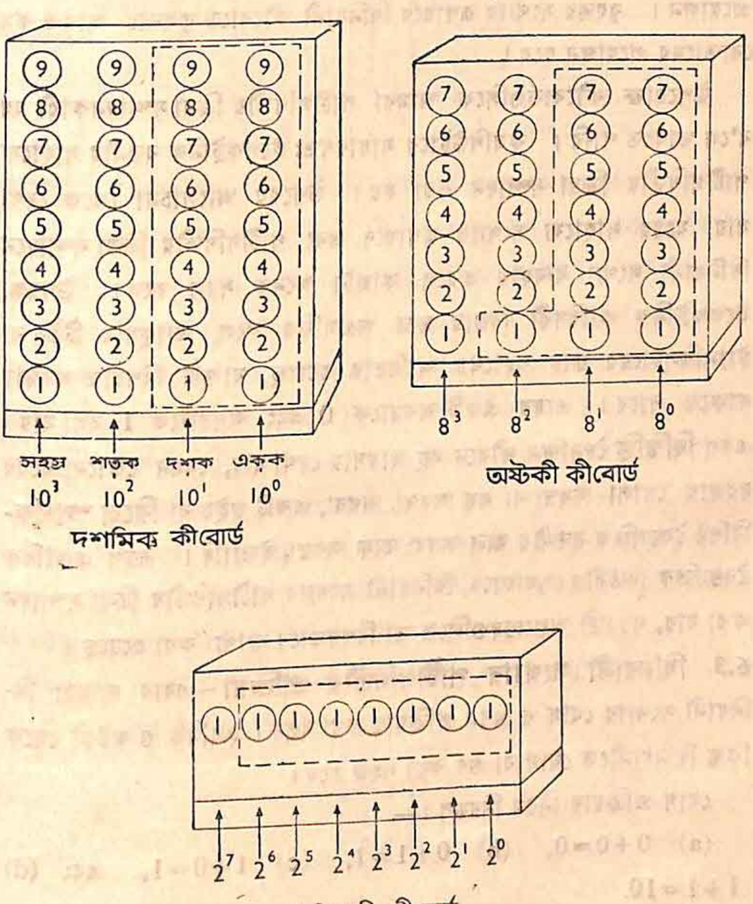
সারণি 6.2 বিভিন্ন পদ্ধতিতে 1 থেকে 16 পর্যন্ত পূর্ণসংখ্যা

6.2 দ্বিনিধানী সংখ্যা ব্যবহারের সুবিধা—ইতিপূর্বে প্রথম অধ্যায়ে বলা হয়েছে, কমপিউটার আবিষ্কারের প্রাথমিক পর্যায়ে বিখ্যাত গণিতজ্ঞ ফন নয়মান-এর প্রস্তাব অনুযায়ী কমপিউটারে দ্বিনিধানী সংখ্যার ব্যবহার সুরু হয়। পাটীগণিতীয় ক্রিয়ার জন্য দশমিক সংখ্যাকে কমপিউটার প্রথমে দ্বিনিধানী সংখ্যায় রূপান্তরিত ক'রে নেয় এবং তারপর পাটীগণিতীয় ক্রিয়া, অর্থাৎ যোগ, বিয়োগ, গুণ বা ভাগ ক্রিয়া সম্পাদন করে। ফলাফল দ্বিনিধানী সংখ্যারূপে স্মৃতিকোঠায় সঞ্চিত থাকে। ফলাফল ছেপে বের হবার পূর্বে, দ্বিনিধানী সংখ্যাকে পুনরায় দশমিক সংখ্যায় রূপান্তরিত করা হয়।

পূর্বের অনুচ্ছেদে প্রদত্ত 6.2 সারণি থেকে দেখা যায় দশমিক সংখ্যা 9কে অষ্টকী 11, অথবা দ্বিনিধানী 1001 রূপে প্রকাশ করা যায়। এক্ষেত্রে 9 সংখ্যাটিকে দ্বিনিধানী সংখ্যারূপে প্রকাশ করতে চারটি অঙ্কের প্রয়োজন হচ্ছে, যেখানে দশমিকে প্রকাশ করা যায় মাত্র একটি অঙ্কের দ্বারা। এর থেকে বোঝা যায়, কোনো দশমিক সংখ্যাকে দ্বিনিধানী রূপে প্রকাশ করতে অনেক বেশী অঙ্কের প্রয়োজন হবে। কাজেকাজেই দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলো লিখতে তুলনায় অনেক বেশী স্থানের প্রয়োজন হবে, এবং এদিক থেকে বিবেচনা করলে দ্বিনিধানী সংখ্যার ব্যবহার অসুবিধাজনক মনে হতে পারে। যন্ত্রের সাহায্যে পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সাধনের জন্য কিন্তু দ্বিনিধানী সংখ্যার ব্যবহার সবচেয়ে সুবিধাজনক। কমপিউটারে দ্বিনিধানী সংখ্যা ব্যবহারের এটাই অন্যতম কারণ।

ধরা যাক একটা **কীবোর্ডে** ছত্রিশটি বোতাম চারটি স্তম্ভে সাজানো রয়েছে এবং প্রত্যেক স্তম্ভে নয়টি করে, 9 থেকে পর পর ক'মে 1 পর্যন্ত লেখা, কী বা বোতাম রয়েছে। বোতামগুলি টিপে 0 থেকে 9999 পর্যন্ত যে-কোনো পূর্ণসংখ্যা রূপায়িত করা যায়। ডানদিক থেকে আরম্ভ ক'রে স্তম্ভগুলিকে যথাক্রমে একক, দশক, শতক ও সহস্রের স্থান ব'লে ভাবা যায়। কোনো স্তম্ভে একটিও বোতাম টেপা না হলে 0 রূপায়িত হবে (চিত্র 6.1)। উদাহরণস্বরূপ, 0 থেকে 99 পর্যন্ত সমস্ত পূর্ণসংখ্যা দশমিক পদ্ধতিতে রূপায়িত করার জন্য একক ও দশকের স্তম্ভগুলি দরকার হবে, অর্থাৎ 18 ($=9+9$)টি বোতামের প্রয়োজন হবে। অনুরূপ অষ্টকী সংখ্যার কীবোর্ডে প্রত্যেক স্তম্ভে সাতটি করে বোতাম থাকবে। তিনটি স্তম্ভের দ্বারা 0 থেকে $(777)_8$ সংখ্যা পর্যন্ত রূপায়ণ করা যাবে। যেহেতু, $(777)_8 = 7\times 8^2+7\times 8^1+7\times 8^0=511$, সুতরাং তিনটি স্তম্ভের দ্বারা 0 থেকে 511 পর্যন্ত সমস্ত সংখ্যা রূপায়িত করা যাবে। আর, দুটি স্তম্ভের দ্বারা 0 থেকে $(77)_8=7\times 8^1+7\times 8^0=63$, অর্থাৎ 0 থেকে 63 পর্যন্ত সংখ্যা রূপায়িত করা যাবে। দুটি স্তম্ভ এবং তৃতীয় স্তম্ভের (1) বোতামের দ্বারা 0 থেকে $(177)_8=1\times 8^2+7\times 8^1+7\times 8^0=127$, অর্থাৎ 0 থেকে 127 পর্যন্ত সংখ্যা রূপায়িত করা যাবে। কাজেই, অষ্টকী কীবোর্ডে 0 থেকে 99 পর্যন্ত সংখ্যা রূপায়িত করতে প্রয়োজন হবে 15 ($=1+7+7$)টি বোতামের।

অনুরূপভাবে, দ্বিনিধানী কীবোর্ডে 0 থেকে 99 পর্যন্ত সমস্ত সংখ্যা রূপায়িত করতে প্রয়োজন হবে মাত্র সাতটি বোতামের, কারণ লক্ষণীয় যে $(111111)_2 =$



চিত্র 6.1 দশমিক, অষ্টকী ও দ্বিনিধানী সংখ্যা রূপায়ণকারী কীবোর্ড। 0 থেকে 99 পর্যন্ত সমস্ত সংখ্যা রূপায়ণে প্রয়োজনীয় বোতামগুলি ডট চিহ্নিত রেখাদ্বারা বেষ্টিত।

$1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+1\times2^0=63$ এবং $(1111111)_2=$ $1\times2^6+1\times2^5+1\times2^4+1\times2^3+1\times2^2+1\times2^1+1\times2^0=127.$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে 0 থেকে 99 পর্যন্ত সমস্ত পূর্ণসংখ্যা রূপায়িত করতে দশমিক, অষ্টকী এবং দ্বিনিধানী কীবোর্ডে যথাক্রমে 18,15 এবং 7টি বোতামের প্রয়োজন। বৃহত্তর সংখ্যার রূপায়ণে দ্বিনিধানী কীবোর্ডে তুলনায় আরও কম বোতামের প্রয়োজন হবে।

উপরোক্ত কীবোর্ডগুলিকে আমরা পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সম্পাদনকারী যন্ত্র ব'লে ভাবতে পারি। কমপিউটারে সাধারণতঃ ইলেকট্রনিক বর্তনীর সাহায্যে পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সম্পাদন করা হয়। উপরের আলোচনা থেকে দেখা যায়, যন্ত্রের সাহায্যে সংখ্যার রূপায়ণে এবং পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সম্পাদনে দ্বিনিধানী সংখ্যা ব্যবহার করলে কাজটা অনেক সরল হবে। উপরন্তু, ইলেকট্রনিক কারিগরী বিদ্যার দ্রুত অগ্রগতির ফলে, ভ্যাকুয়াম টিউব বা ট্র্যানজিস্টারের ন্যায় পদার্থের আবিষ্কার হয়েছে, যা দুটি বিপরীত অবস্থায় থাকতে পারে। এদের একটি অবস্থাকে 0 এবং অপরটিকে 1 বলা যায়। এরূপ **দ্বিস্থিতি** দৈনন্দিন জীবনে বহু জায়গায় দেখা যায়, যেমন কোনো ঘরের দরজার খোলা অবস্থা বা বন্ধ অবস্থা, অথবা, একটি সুইচ বা **রিলে স্পর্শক**-বিশিষ্ট বৈদ্যুতিক বর্তনীর **অন** অথবা **অফ** অবস্থা, ইত্যাদি। এরূপ একাধিক বৈদ্যুতিক বর্তনীর সমাহারে দ্বিনিধানী সংখ্যার পাটীগণিতীয় ক্রিয়া সম্পাদন করা যায়, পরবর্তী অনুচ্ছেদগুলিতে তা বিশদভাবে ব্যাখ্যা করা হয়েছে।

6.3 দ্বিনিধানী সংখ্যার পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়া—এবার আমরা দ্বি-নিধানী সংখ্যার যোগ ও গুণন প্রক্রিয়ার কথা বলব। দশমিক ও অষ্টকী থেকে কিন্তু দ্বিনিধানীতে যোগ বা গুণ করা সহজ হবে।

যোগ প্রক্রিয়ার নিয়ম নিম্নরূপ :—

(a) $0+0=0$, (b) $0+1=1$, (c) $1+0=1$, এবং (d) $1+1=10$.

যোগ প্রক্রিয়ার ন্যায় গুণের ক্ষেত্রেও সর্বসাকুল্যে মোট চারটি পরিস্থিতির উদ্ভব হতে পারে। গুণের নিয়ম নিম্নরূপ :

(a) $0\times0=0$, (b) $0\times1=0$, (c) $1\times0=0$ এবং (d) $1\times1=1$.

কয়েকটি উদাহরণের সাহায্যে দ্বিনিধাণী পদ্ধতিতে যোগ, বিয়োগ, গুণ প্রক্রিয়াগুলি কিভাবে সম্পন্ন করা হয়, তা ব্যাখ্যা করা হচ্ছে।

উদাহরণ :

1. যোগ কর $(1011011)_2+(1101101)_2$

স্তম্ভ সংখ্যা	8	7	6	5	4	3	2	1	
উত্তর :		1	0	1	1	0	1	1	
		1	1	0	1	1	0	1	
	1	1	0	0	1	0	0	0	←উত্তর
		1	1	1	1	1	1		←হাতের অঙ্ক

ব্যাখ্যা : প্রথম স্তম্ভে, 1+1=10 এর 0 উত্তরের প্রথম স্তম্ভে এবং হাতের 1 তন্নিম্নে প্রদত্ত হাতের অঙ্ক সারিতে দ্বিতীয় স্তম্ভে বসেছে। উত্তরের দ্বিতীয় স্তম্ভ পাওয়া যায় 1 এবং 0-এর সঙ্গে হাতের 1 যোগ ক'রে। আমরা দেখি, 1+0+1 (হাতে)=1+1=10. এর মধ্যে 0 উত্তরের দ্বিতীয় স্তম্ভে বসেছে এবং হাতের 1 নীচে প্রদত্ত হাতের অঙ্ক সারিতে তৃতীয় স্তম্ভে বসেছে। তৃতীয় স্তম্ভে, 0+1+1 (হাতে)=10-এর 0 উত্তরে ও 1 হাতের সারিতে বসেছে। চতুর্থ স্তম্ভের 1+1+1 (হাতে)=10+1=11-এর 1 উত্তরে ও 1 হাতের সারিতে বসেছে। পঞ্চম স্তম্ভে, 1+0+1 (হাতে)=10. সুতরাং উত্তরে 0 ও হাতে 1 পাওয়া গেছে। ষষ্ঠ স্তম্ভে, 0+1+1 (হাতে)=10-এর 0 উত্তরে ও 1 হাতে পাওয়া গেছে। সপ্তম স্তম্ভে, 1+1+1 (হাতে) =10+1=11. এই 11 উত্তর সারিতে বসেছে।

অতএব, $(1011011)_2+(1101101)_2=(11001000)_2$

2. দ্বিনিধানী পদ্ধতিতে যোগ কর :

```
1011
1001
1111
1001
```

স্তম্ভ নাম		(d)	(c)	(b)	(a)	
		1	0	1	1	
		1	0	0	1	
		1	1	1	1	
		1	0	0	1	
1	0	1	1	0	0	←উত্তর
		1	1+1	0	0	←হাতের অঙ্ক

উত্তর : 101100_2

ব্যাখ্যা :

$$
\begin{aligned}
\text{(a)}\quad & 1+1+1+1 \\
&=10+1+1 \\
&=11+1 \\
&=100
\end{aligned}
$$

এখানে হাতের 1 তৃতীয় স্তম্ভে হাতের সারিতে বসেছে।

(b) $1+0+1+0=10$. 1 তৃতীয় স্তম্ভে হাতে বসেছে।

(c) $0+0+1+0+1+1=10+1=11$, উত্তরে 1 ও হাতে 1.

(d) $1+1+1+1+1=10+1+1+1=11+1+1=100+1$
$=101$

3. বিয়োগ কর : $(11001)_2-(10110)_2$

উত্তর :

স্তম্ভনাম	(e)	(d)	(c)	(b)	(a)
	1	1	0	0	1
	1	0	1	1	0
	0	0	0	1	1 উত্তর
	0	1	1	0	0 ধার অঙ্ক

ব্যাখ্যা : (a) $1-0=1$, উত্তরে 1 বসেছে।

(b) $0-1$ সম্ভব নয়, তাই (c)তে 1 ধার বসেছে ও এখানে $10-1=1$ উত্তরে বসেছে।

(c) $0-(1+1)$ সম্ভব নয়, তাই (d)তে ধারের জায়গায় 1 বসেছে ও $10-(1+1)=10-10=0$। উত্তরে বসেছে।

(e) $1-1=0$ উত্তরে বসেছে।

অতএব, $(11001)_2-(10110)_2=(11)_2$

4. গুণ কর : $(11011)_2\times(111)_2$

উত্তর :

স্তম্ভনাম (h)	(g)	(f)	(e)	(d)	(c)	(b)	(a)
			1	1	0	1	1
					1	1	1
			1	1	0	1	1 প্রথম সারি
		1	1	0	1	1	× দ্বিতীয় সারি
	1	1	0	1	1	×	× তৃতীয় সারি
1	0	1	1	1	1	0	1 উত্তর
	1	1	1	1	1	0	× হাতের অঙ্ক

5. নীচের দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলিকে দশমিকে প্রকাশ কর :

(i) $(1011)_2$
(ii) $(10110)_2$
(iii) $(100000)_2$

উত্তর : (i) $(1011)_2=1\times2^0+1\times2^1+0\times2^2+1\times2^3=1+2+0+8=11$ দশমিক সংখ্যা।

দশমিক পদ্ধতির সংখ্যাগুলি বন্ধনী ও উপাক্ষর 10 ছাড়াই লেখা হবে।

(ii) $(10110)_2=0\times2^0+1\times2^1+1\times2^2+0\times2^3+1\times2^4$
$=0+2+4+0+16=22$

(iii) $(100000)_2=0\times2^0+0\times2^1+0\times2^2+0\times2^3+0\times2^4+1\times2^5=0+0+0+0+0+32=32$

6. নীচের দশমিক পদ্ধতির সংখ্যাগুলিকে দ্বিনিধানীতে পরিণত কর :

(i) 21
(ii) 50
(iii) 117

21 সংখ্যাটিকে 2 দ্বারা ভাগ ক'রে ভাগফলকে ক্রমান্বয়ে ভাগ করা হচ্ছে এবং অবশিষ্ট ক্রমান্বয়ে এককের স্থানে, (অর্থাৎ 2^0-এর স্থানে), 2^1-এর স্থানে, ইত্যাদিতে লেখা হল। পরপর প্রাপ্ত অবশিষ্টগুলি পাশাপাশি লিখেই দ্বিনিধানী রূপ পাওয়া যায়। নিম্নে বিশদভাবে লেখা হল :

উত্তর : (i)

অবশিষ্ট ↓

2 | 21
2 | 10...1 (γ_1)
2 | 5...0 (γ_2)
2 | 2...1 (γ_3)
2 | 1...0 (γ_4)
0 ..1 (γ_5)

2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
				10	1
			5	0	1
		2	1	0	1
	1	0	1	0	1
	1	0	1	0	1

অতএব, $21=(\gamma_5\,\gamma_4\,\gamma_3\,\gamma_2\,\gamma_1)_2=(10\,10\,1)_2$

(ii)

অবশিষ্ট ↓

2 | 50
2 | 25... 0
2 | 12... 1
2 | 6... 0
2 | 3...0
2 | 1...1
0...1

সুতরাং, $50=(110010)_2$

(iii) অবশিষ্ট

$$\begin{array}{r|ll} 2 & 117 & \downarrow \\ 2 & 58\cdots & 1 \\ 2 & 29\cdots & 0 \\ 2 & 14\cdots & 1 \\ 2 & 7\cdots & 0 \\ 2 & 3\ldots & 1 \\ 2 & 1\cdots & 1 \\ & 0\cdots & 1 \end{array}$$

সুতরাং, $117=(1110101)_2$

এখন দেখা যাক দ্বিনিধানী থেকে অষ্টকীতে কিম্বা অষ্টকী থেকে দ্বিনিধানীতে কি ক'রে সংখ্যাকে পরিবর্তন করা সম্ভব। আমরা ইতিপূর্বে দেখেছি কি ক'রে অষ্টকী থেকে দশমিকে ও দশমিক থেকে দ্বিনিধানীতে পরিবর্তন করা যায়। অনুরূপে দ্বিনিধানী থেকে একটা সংখ্যাকে প্রথমে দশমিকে ও পরে দশমিক থেকে অষ্টকীতে পরিবর্তন করা যেতে পারে। যেমন,

$$(23)_8=3\times 8^0+2\times 8^1=3+16=19.$$

এখন,

$$\begin{array}{r|l} 2 & 19 \\ 2 & 9\ldots 1 \\ 2 & 4\ldots 1 \\ 2 & 2\ldots 0 \\ 2 & 1\quad 0 \\ & 0\cdots 1 \end{array}$$

অর্থাৎ $19=(10011)_2$

সুতরাং $(23)_8=(10011)_2$

আবার, $(110101)_2=1\times 2^0+0\times 2^1+1\times 2^2+0\times 2^3+1\times 2^4+1\times 2^5=53$

কিন্তু

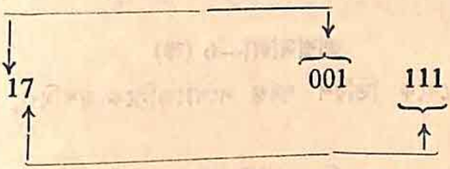
$$\begin{array}{r|l} 8 & 53 \\ 8 & 6\ldots 5 \\ & 0\ldots 6 \end{array}$$

অর্থাৎ $53=(65)_8$

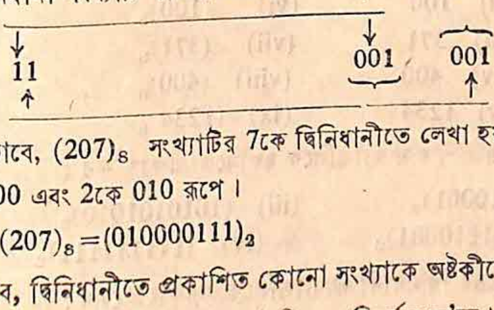
অতএব $(110101)_2=(65)_8$

6.2 সারণিটি ভালভাবে পরীক্ষা করলে দেখা যাবে যে অষ্টকী ও দ্বিনিধানী পদ্ধতির মধ্যে, দশমিক পদ্ধতির মাধ্যম ছাড়াই সম্পর্ক স্থাপন করা যায়। এই উদ্দেশ্যে অষ্টকী সংখ্যার প্রত্যেক অঙ্ককে তিন অঙ্ক-বিশিষ্ট দ্বিনিধানী সংখ্যারূপে পাশাপাশি লিখতে হবে। উদাহরণস্বরূপ লক্ষণীয় যে, $(7)_8=(111)_2$ এবং

$$(17)_8=1\times8^1+7\times8^0=1\times2^3+7=1\times2^3+1\times2^2 +1\times2^1+1\times2^0=(1111)_2$$



এখানে ডানদিক থেকে শুরু ক'রে 7-এর জন্য 111 এবং 1-এর জন্য 001 লিখলেই দ্বিনিধানী সংখ্যাটি পাওয়া যাচ্ছে। পুনশ্চ $(11)_8=(1001)_2$.



অনুরূপভাবে, $(207)_8$ সংখ্যাটির 7কে দ্বিনিধানীতে লেখা হয় 111, 0কে লেখা হবে 000 এবং 2কে 010 রূপে।

অতএব, $(207)_8=(010000111)_2$

একইভাবে, দ্বিনিধানীতে প্রকাশিত কোনো সংখ্যাকে অষ্টকীতে লেখা যায় ডানদিক থেকে প্রতি তিনটি অঙ্ককে অষ্টকীতে পরিবর্তন ক'রে। উদাহরণস্বরূপ, $(1100110001)_2$ সংখ্যাটির অষ্টকীরূপ প্রয়োজন হলে, দেখি যে

ডানদিক থেকে $(001)_2=(1)_8$,

পরের তিনটি অঙ্ক $(110)_2=(6)_8$

তার পরের তিনটি অঙ্ক $(100)_2=(4)_8$

তারও পরের তিনটি অঙ্ক $(1)_2$ অথবা $(001)_2=(1)_8$

অতএব, $(1100\ 110\ 001)_2=(1461)_8$

7. শূন্যস্থান পূর্ণ কর :

(i) $(237)_8=(\qquad)_2$

(ii) $(\qquad)_8=(1010101110)_2$

(iii) $(20015)_8 = (\qquad\qquad)_2$

(iv) $(\qquad\qquad)_8 = (110011001100)_2$

উত্তর : (i) $(2\ 3\ 7)_8 = (010\ 011\ 111)_2$

অর্থাৎ $(237)_8 = (10\ 011\ 111)_2$

(ii) $(1256)_8 = (1010101110)_2$

(iii) $(20015)_8 = (10000000001101)_2$

(iv) $(6,3,1,4)_8 = (110,011,001,100)_2$

অর্থাৎ, $(6314)_8 = (110011001100)_2$

প্রশ্নমালা—6 (ক)

1. সতের থেকে তিরিশ পর্যন্ত সংখ্যাগুলিকে দশমিক, দ্বিনিধানী ও অষ্টকীতে লেখ।

2. নিম্নলিখিত সংখ্যাগুলিকে দ্বিনিধানীতে লেখ :

(i) 90
(ii) 100 (vi) $(100)_8$
(iii) 371 (vii) $(371)_8$
(iv) 400 (viii) $(400)_8$
(v) 1234 (ix) $(1234)_8$

3. নিম্নলিখিত সংখ্যাগুলিকে দশমিকে প্রকাশ কর :

(i) $(10001)_2$ (iii) $(1010101010)_2$
(ii) $(1110001)_2$ (iv) $(11111111)_2$

4. নীচের দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলিকে অষ্টকীতে লেখ :

(i) $(10001)_2$ (ii) $(1110001)_2$
(iii) $(1010101010)_2$ (iv) $(1111111111)_2$

5. নিম্নে প্রদত্ত দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলির যোগফল নির্ণয় কর :

(i)
1 0 1 0
1 1 0 1
____

(ii)
1 1 1 1
1 0 0 1
1 0 0 0
____

(iii)
1 0 0 1 1
1 1 0 1 0
1 1 1 0 1
1 1 1 1 0
____

(iv)
1 0 0 1 1 0
1 1 0 0 1 1
1 1 1 0 1 1
1 0 1 1 0 1
____

6. বিয়োগ কর :

(i) $(1101)_2-(1001)_2$

(ii) $(11001)_2-(10111)_2$

(iii) $(100100)_2-(11111)_2$

(iv) $(1110001)_2-(1001111)_2$

7. সরল কর : (i) $(11011)_2-(101)_2-(111)_2$

(ii) $(11001)_2-(1001)_2+(110)_2-(101)_2$

8. নিম্নে প্রদত্ত দ্বিনিধানী সংখ্যাগুলির গুণফল নির্ণয় কর :

(i) 101×101

(ii) 1010×111

(iii) 1110×1010

(iv) 10111×11011

9. (a) নিম্নে প্রদত্ত রাশিমালাটি সরল কর :

$(17)_{10}+(17)_8-(10110)_2$ এবং উত্তর দ্বিনিধানীতে দাও।

9(b) নিম্নে প্রদত্ত রাশিমালাটি সরল কর :

$(171)_8-(101)_{10}-(1010)_2$ এবং উত্তর অষ্টকীতে দাও।

10. একটি দ্বিনিধানী সংখ্যা 2, 4 অথবা 8 দ্বারা বিভাজ্য কিনা তা ভাগ না ক'রে কি ক'রে নির্ণয় করা যাবে ?

11. একটি দ্বিনিধানী সংখ্যাকে 2 অথবা 4 অথবা 8 দিয়ে গুণ করলে কি হয় ? অষ্টকীতে অনুরূপ পরিস্থিতি কিভাবে হতে পারে ?

12. নিম্নের সংখ্যাগুলি জোড় কিনা নির্ণয় কর :

(i) $(11001)_2$, (ii) $(100010)_2$, (iii) $(1111)_2$,

(iv) $(101010)_2$ এবং (v) $(100000)_2$

13. নীচের সংখ্যাগুলি দশমিকে প্রকাশ কর এবং মৌলিক কিনা নির্ণয় কর :

(i) $(571)_8$, (ii) $(1010101)_2$, (iii) $(100010)_2$,

এবং (iv) $(1111111)_2$.

6.4 পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়ার ন্যায় বর্তনী—ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, একটি ইলেকট্রনিক কমপিউটার পাটীগণিতীয় যোগ, বিয়োগ, গুণ ও ভাগ

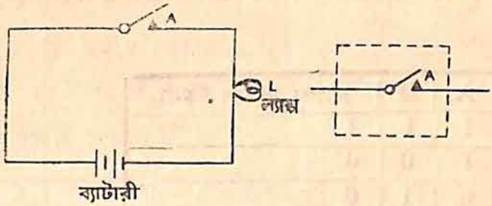
ক্রিয়াগুলি ইলেকট্রনিক বর্তনীর সাহায্যে সম্পাদন করে। ছোটবেলায় আমরা নামতা মুখস্থ করে থাকি। কমপিউটার কিন্তু নামতা জানে না। তাকে সব কিছুই ইলেকট্রনিক বর্তনীর সাহায্যে করতে হয়। এই বর্তনীগুলি বুলীয় বীজগণিতের নিয়ম মেনে চলে। বর্তনীগুলি জটিল ইলেকট্রনিক উপাদানে তৈরী এবং এদের ইলেকট্রনিক সংগঠন বর্তমান পুস্তকের আলোচনার বিষয় নয়। যে সব ইন্‌জিনিয়ার কমপিউটার তৈরি করেন বা রক্ষণাবেক্ষণ করেন, তাঁদের এই সব ইলেকট্রনিক সংগঠন সম্বন্ধে বিশদভাবে জানতে হয়। অন্যদিকে, যদি আমরা জানতে চাই কমপিউটার কিভাবে পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়া সাধন করে, তবে তা জটিল ইলেকট্রনিক উপাদান সম্বন্ধে আলোচনা না ক'রেও, শুধুমাত্র বর্তনীগুলির **ন্যায়-উপাদানের** সাহায্যে সহজে ব্যাখ্যা করা সম্ভব। বর্তনীগুলির ইলেকট্রনিক উপাদানের পরিবর্তে ন্যায় উপাদান নিয়ে আলোচনা করা হলে, বর্তনীগুলিকে **ন্যায় বর্তনী** বলা হবে। বর্তমান অনুচ্ছেদে পাটী-গণিতীয় প্রক্রিয়া সম্পাদনকারী ন্যায় বর্তনী সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হবে। ছাত্রদের বোঝার সুবিধের জন্য আলোচ্য বিষয়বস্তু সুইচ এবং ল্যাম্প-যুক্ত বৈদ্যুতিক বর্তনীর সাহায্যে ব্যাখ্যা করা হচ্ছে[1]।

চিত্র 6·2তে ল্যাম্পযুক্ত একটি বৈদ্যুতিক বর্তনী দেখানো হচ্ছে। এরূপ বর্তনীতে বিদ্যুৎপ্রবাহ সাধারণতঃ নিয়ন্ত্রণ করা হয় সুইচের সাহায্যে। উপরোক্ত বর্তনীতে সুইচটি **A** প্রতীক দ্বারা নির্দেশ করা হয়েছে। সুইচটি একটি রিলে-স্পর্শক হতে পারে (অথবা হস্তচালিত সুইচও হতে পারে)। সুইচটি অন থাকলে, অর্থাৎ স্পর্শকের মুখ বন্ধ থাকলে ল্যাম্পে আলো জ্বলবে এবং সেই

---

[1]. এরূপ সুইচযুক্ত বৈদ্যুতিক বর্তনীর সাহায্যে যন্ত্রগণক তৈরি করা অসম্ভব নয়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সেরকম কমপিউটার অত্যন্ত মন্থর হবে। উপরন্তু, সুইচ-গুলো বারে বারে হাতে অন বা অফ করা, অর্থাৎ জ্বালানো বা নেবানো সময় সাপেক্ষ এবং কোনো মানুষের পক্ষে বিরক্তকর। বিদ্যুৎ-চুম্বক দ্বারা গঠিত **রিলে-স্পর্শক** স্বয়ংক্রিয়ভাবে বর্তনীগুলি অন বা অফ করতে পারে। কমপিউটার গবেষণার আদি যুগে এরূপ রিলে-স্পর্শক ব্যবহার করা হয়েছে। তার পরবর্তী যুগে ইলেকট্রনিক কারিগরী বিদ্যায় এবং কমপিউটারের ইলেকট্রনিক সংগঠনে বিরাট ও বিস্ময়কর অগ্রগতি ঘটেছে।

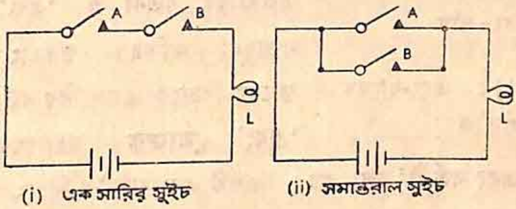
অবস্থাকে আমরা বলব A=1. আর সুইচটি অফ থাকলে অর্থাৎ স্পর্শকের মুখ খোলা থাকলে ল্যাম্প নিবে থাকবে। সেই অবস্থাকে আমরা বলব A=0.



চিত্র 6·2 ল্যাম্প ও সুইচযুক্ত বৈদ্যুতিক বর্তনী ও তার সংক্ষিপ্ত রূপ

উপরোক্ত চিত্রের ডানদিকে বর্তনীটির সংক্ষিপ্ত রূপ দেখানো হয়েছে। লক্ষণীয় যে, সংক্ষিপ্ত রূপের চিত্রে ব্যাটারী বা ল্যাম্প দেখানো হয় নি,—শুধুমাত্র রিলে স্পর্শকটি খোলা অবস্থায় দেখানো হয়েছে। সংক্ষিপ্ত রূপটিকে বাঁ দিকের বৈদ্যুতিক বর্তনীর সংশ্লিষ্ট ন্যায়-বর্তনী বলে ভাবতে পারি।

অনেক সময় একটি বর্তনীতে একাধিক সুইচ ব্যবহৃত হয়। এরূপ ক্ষেত্রে,



চিত্র 6.3 একসারির সুইচ ও সমান্তরাল সুইচ

দুটি সুইচকে দুভাবে সংযুক্ত করা যায়—যথা (1) এক সারিতে (চিত্র 6.3 (i)) এবং (2) সমান্তরালভাবে (চিত্র 6.3 (ii))। প্রথমে একসারির সুইচ বিবেচনা করা যাক।

এবং-দ্বার :

ধরা যাক দুটি সুইচ A ও B একসারিতে আছে। (চিত্র 6.3 (i)) লক্ষণীয় যে, A সুইচটি অফ (A=0) অথবা অন (A=1) অবস্থায় থাকতে পারে এবং অনুরূপে B সুইচটিও অফ (B=0) অথবা অন (B=1) অবস্থায় থাকতে পারে।

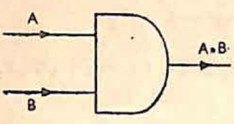
প্রশ্ন, ল্যাম্পটি কখন জ্বলবে ?

স্পষ্টতঃ ল্যাম্পটি জ্বলবে, যদি A ও B দুটি সুইচই একসঙ্গে অন থাকে, অর্থাৎ A=1, B=1 হয়। একসারির বর্তনীর সত্য-সারণিটি তাহলে নিম্নরূপ :

A	B	ল্যাম্প জ্বলবে কিনা
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

সারণি 6.3 একসারির সুইচের সত্য সারণি

বিশ্লিষ্ট গণিতের প্রথম খণ্ডে (পৃষ্ঠা 168, 3 ও 4 সারণি দ্রষ্টব্য) প্রদত্ত সারণির সঙ্গে তুলনা করলে দেখা যায় 'এবং' যোজকের সত্য সারণি উপরে প্রদত্ত সত্য সারণি থেকে অভিন্ন। অতএব, একসারির বর্তনী ও 'এবং' যোজকের সত্যমূল্য অভিন্ন। সুতরাং, গাণিতিক ন্যায়ের বিচারে একসারির বর্তনী হল একটি **'এবং' যোজক**। যন্ত্রগণকে একসারির বর্তনীকে **'এবং বর্তনী'** বলা হয়। একটি এবং-বর্তনীর বিদ্যুৎ প্রবাহকালীন অবস্থাকে A.B=1 দ্বারা প্রকাশ করা হয়।*



চিত্র 6.4 (1) : এবং-দ্বারের প্রতীক

সুইচগুলিকে হাতের সাহায্যেই অফ/অন করা যায়। কিন্তু যদি উন্নততর কোন উপায়ে, যেমন রিলে স্পর্শক দ্বারা, হাতের সাহায্য ছাড়াই, এমন একটি একসারির বর্তনী সৃষ্টি করা যায় যাতে A.B=1 তখনি হবে, যখন A=1 এবং B=1. উপরন্তু, A ও B সুইচ দুটিকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে অফ/অন করা যাবে। সেক্ষেত্রে বর্তনীটিকে একটি **'এবং-দ্বার'** বলা হয়।

*এই প্রতীক বিশ্লিষ্ট গণিত প্রথম খণ্ডের প্রতীক থেকে আলাদা। সেখানে ব্যবহৃত প্রতীক হল $A \wedge B = 1$. কমপিউটারে সাধারণতঃ উপরের প্রতীকই ব্যবহৃত হয়।

একটি এবং-দ্বার 6.4(1) চিত্রে প্রদত্ত প্রতীক দ্বারা সংক্ষিপ্তরূপে সূচিত করা হবে। সংক্ষিপ্ত রূপটি ন্যায় বর্তনীর একটি উপাদান।

অথবা-দ্বার ঃ

চিত্র 6.3 (ii) থেকে দেখা যায়, যে সমান্তরালভাবে সংযুক্ত দুটি সুইচের অন্ততঃ একটি অন থাকলেই ল্যাম্পটি জ্বলবে,—অন্যথায় জ্বলবে না। সমান্তরাল বর্তনীর সত্য সারণি তাহলে নিম্নরূপ ঃ

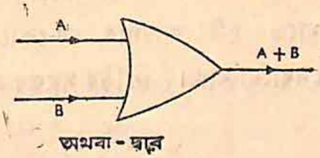
A	B	ল্যাম্প জ্বলবে কিনা
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

সারণি 6.4 সমান্তরাল সুইচের সত্য সারণি

সারণিটি থেকে দেখা যাচ্ছে যে সমান্তরাল বর্তনীর সত্যমান 'অথবা' যোজকের সত্যমান থেকে অভিন্ন। এর থেকে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে গাণিতিক ন্যায়ের 'অথবা' যোজকটিকে একটি সমান্তরাল বর্তনী দিয়ে রূপায়িত করা যায়। 'অথবা' যোজক বর্তমান পুস্তকে '+' প্রতীক দ্বারা রূপায়িত হবে।

দুটি সমান্তরাল সুইচ A ও Bকে তাই A+B চিহ্ন দিয়ে সূচিত করা হয়।

সমান্তরাল বর্তনীর সংক্ষিপ্ত রূপকে **অথবা-দ্বার** বলা হয়। 6.4 (ii) চিত্রে একটি অথবা-দ্বার প্রদর্শিত হয়েছে। অথবা-দ্বার ন্যায় বর্তনীর একটি উপাদান।

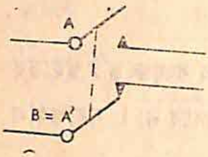


চিত্র 6.4 (ii) অথবা-দ্বারের প্রতীক

'বিপরীত-কারক' অথবা **ইনভার্টার** ন্যায় বর্তণীর আর একটি উপাদান। যদি দুটি সুইচ A এবং B কোন বর্তনীতে এমনভাবে অবস্থিত থাকে যে A অন হলে B অফ হবে, অথবা A অফ হলে B অন হবে, তাহলে Bকে A-এর **বিপরীতকারক** বা **ইনভার্টার** বলা হবে।

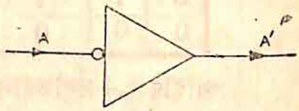
লক্ষণীয় যে A এবং B পরস্পর বিপরীত-কারক।

6.5 চিত্রে যখন A সুইচটি খোলা থাকে তখন A=0 এবং B সুইচটি বন্ধ থাকে ব'লে B=1 হয়। A সুইচটি যখন বন্ধ থাকে তখন B খোলা থাকে এবং A=1, B=0 হবে। এই ধরনের বর্তনীকে **বিপরীতকারক** বা **ইনভার্টার** বলা হয়। একটি বিপরীত-কারক বর্তনীতে A ও B সুইচ দুটি গাণিতিক ন্যায়ের "না" যোজক দ্বারা সংযুক্ত। অর্থাৎ $B=A'$। কারণ, $A=1 \Rightarrow A'=0$ এবং $A=0 \Rightarrow A'=1$. একটি ইনভার্টারকে নীচে প্রদত্ত প্রতীকে সংক্ষিপ্তরূপে চিহ্নিত করা হয়।



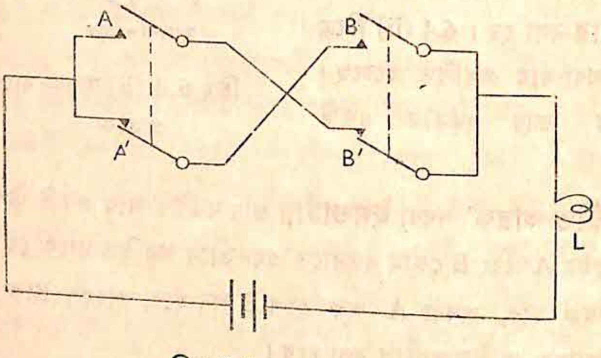
চিত্র 6.5 বিপরীত-কারক বর্তনী

উপরে আলোচিত ন্যায় বর্তনীর উপাদান এবং-দ্বার, অথবা-দ্বার ও বিপরীত-কারকের সাহায্যে সকল পাটীগণিতীয় প্রক্রিয়া রূপায়িত করা যায়। তবে আলোচনার সুবিধার্থে ও সরলীকরণের জন্য আরও দু-একটি বর্তনী আলোচনা করা হচ্ছে, যথা **একান্ত-অথবা বর্তনী**।



চিত্র 6.6 বিপরীতকারকের প্রতীক

কখনো কখনো আমরা আলো জ্বালাতে দুটি সুইচ ব্যবহার করি যাতে দুটি জায়গার যে-কোনো একটি থেকে আলোটি জ্বালানো কি নেবানো যায়। সিড়ির মাঝের লাইট, কিংবা জলের লাইট ইত্যাদির ক্ষেত্রে



চিত্র 6.7 একান্ত-অথবা বর্তণী

এই ব্যবস্থা খুব প্রয়োজনীয় হয়ে পড়ে। এই সব ক্ষেত্রে আমরা এমন একটি

বর্তনী নিতে পারি যাতে আলোটি তখনই জ্বলবে যখন সুইচদ্বয়ের একটি অফ ও অপরটি অন থাকবে। এ-রকম বর্তনীকে **'একান্ত-অথবা'** বর্তনী বলা হয়। 6.7 নং চিত্রে, A ও B সুইচ দুটিকে কোনাকুনি যোগ ক'রে একান্ত-অথবা বর্তনীটি পাওয়া গেছে। বর্তনীটি সম্পূর্ণ হবে যখন A সুইচটি বন্ধ থাকবে এবং B সুইচটি খোলা থাকবে, অর্থাৎ যখন $A=1$ ও $B=0$. অন্যথায় যদি A সুইচটি খোলা থাকে এবং B বন্ধ থাকে, অর্থাৎ যদি $A=0, B=1$ হয়, তাহলেও ল্যাম্প জ্বলবে।

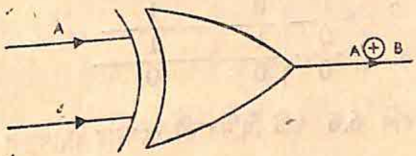
লক্ষণীয় যে যখন A ও B উভয়েই খোলা, অর্থাৎ $A=0, B=0$ তখন ল্যাম্প জ্বলবে না। অনুরূপে, যখন A ও B উভয়ে বন্ধ, অর্থাৎ $A=1$ এবং $B=1$ তখনও বর্তনীটি অসম্পূর্ণ থাকবে এবং ল্যাম্পটি জ্বলবে না। প্রসঙ্গত 'অথবা-বর্তনী থেকে একান্ত-অথবা বর্তনীর পার্থক্য লক্ষ্য করার বিষয়। অথবা বর্তনীতে $A=1$ এবং $B=1$ অবস্থাতেও আলো জ্বলে, কিন্তু এক্ষেত্রে তা হচ্ছে না। একান্ত অথবা প্রক্রিয়াটিকে ⊕ চিহ্ন দ্বারা সূচিত করা হবে। একান্ত-অথবা বর্তনীর সত্য সরণি বামপার্শ্বে দেখানো হল।

A	B	A⊕B
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

সারণি 6.5 একান্ত-অথবা যোজকের সত্যমান

'একান্ত-অথবা দ্বার' বর্তনীতে ব্যবহৃত হলে তা 6.8 চিত্রে প্রদত্ত প্রতীকের দ্বারা চিহ্নিত করা হবে। একান্ত-অথবা বর্তনীর বুলীয় ফাংশন হল

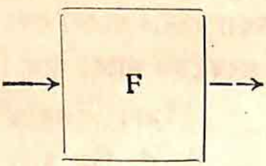
$$A \oplus B = A.B' + A'B \qquad (5)$$



একান্ত - অথবা দ্বার

চিত্র 6.8 একান্ত-অথবা দ্বারের প্রতীক

ফ্লিপ-ফ্লপ বর্তনী—যন্ত্রগণকে আর একটি ন্যায় বর্তনীর ব্যবহার প্রায়শঃ দেখা যায়, যাকে **ফ্লিপ-ফ্লপ বর্তনী** নামে অভিহিত করা হয়। ফ্লিপ-ফ্লপ বর্তনীতে এককালীন একটি তথ্যকে অনুপ্রবেশ করিয়ে একটি মাত্র তথ্যকে নির্গম হিসাবে পাওয়া যায়। ফ্লিপ-ফ্লপ মাত্র দুটি অবস্থায় থাকতে পারে এবং এই দুটি অবস্থায় নির্গম 0 অথবা 1 হবে। যে মুহূর্তে কোনো সংকেত ফিল্প-ফ্লপে অনুপ্রবেশ করে, সেই মুহূর্তে এর অবস্থার পরিবর্তন ঘটে। নতুন অবস্থাটির ততক্ষণ কোনো পরিবর্তনই হবে না যতক্ষণ না নতুন কোনো সংকেত ফ্লিপ-ফ্লপে দেওয়া হচ্ছে। যন্ত্রগণকে ফ্লিপ-ফ্লপের ব্যবহার অপরিহার্য হয় যখন কোনো তথ্যকে স্মৃতি অঙ্গে ধ'রে রাখতে হবে। একটি বাক্সে বা বৃত্তে F বসিয়ে ফ্লিপ-ফ্লপকে চিহ্নিত করা হয়।



6.5 যোগ ও বিয়োগ ক্রিয়ার ন্যায় বর্তনী—এবার আমরা দেখব, কিভাবে যোগ ও বিয়োগ প্রক্রিয়া সম্পাদনকারী ন্যায় বর্তনী তৈরি করা হয়। প্রথমে দুটি সংখ্যার যোগের কথা আলোচনা করা হচ্ছে। আমরা সংখ্যাগুলিকে যদি দ্বিনিধানীতে প্রকাশ করি, তবে আমাদের মোটে দুটি অংকের সম্মুখীন হতে হবে। অংক দুটি হল 0 বা 1 যাদের এক কথায় **বিট** বলে। যোগ প্রক্রিয়ায় দুটি বিট A ও Bকে নিয়ে নীচের চারিটি পরিস্থিতির উদ্ভব হতে পারে :

A	B	যোগফল
1	1	10
1	0	1
0	1	1
0	0	0

সারণি 6.6 দুটি দ্বিনিধানী সংখ্যার যোগফল

এখন A=1 ও B=1 হলে যোগ করে নামবে 0 ও হাতে থাকবে 1; অর্থাৎ নির্গম হিসাবে দুটি বিট পাওয়া যাবে। এই দুটি বিটের মধ্যে একটি

যোগফলে নামবে ও অপরটি হাতে থাকবে। এই ছুটি অঙ্ককে বা বিটকে যথাক্রমে S ও K দিয়ে নির্দেশ করলে সম্পূর্ণ সারণিটি নিম্নরূপ হবে :

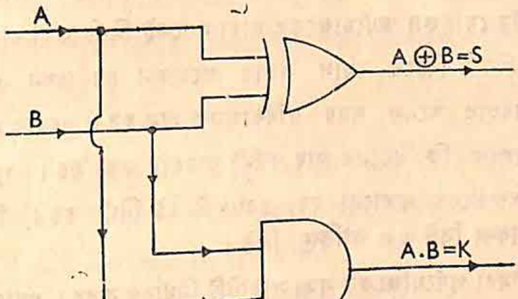
A	B	K	S
1	1	1	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	0	0

সারণি 6.7 ছুটি সংখ্যার যোগফল ও হাতের অঙ্কের সারণি

ইতিপূর্বে প্রদত্ত সারণি 6.3 ও সারণি 6.5-এর সঙ্গে তুলনা করলে দেখা যায় যে $K = A.B$ (6)

এবং $S = A.B' + A'.B = A \oplus B$ (7)

অতএব, যখন ছুটি বিটকে যোগ করতে হয়, তখন এমন একটি বর্তনীর প্রয়োজন যা থেকে একসাথে A.B এবং $A \oplus B$ নির্গম হিসাবে পাওয়া যাবে। এ রকম একটি ন্যায় বর্তনীকে **অর্ধযোজক** বলা হয়। 6.9 নং চিত্রে একটি

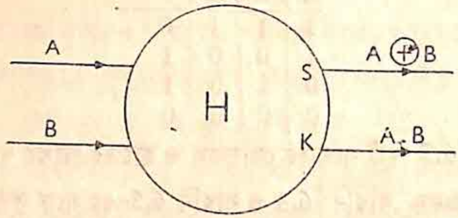


চিত্র 6.9 অর্ধযোজকের ন্যায় বর্তনী

অর্ধযোজকের ন্যায় বর্তনী দেখানো হয়েছে। লক্ষ্য করার বিষয়' কেমন ক'রে নির্গম হিসাবে S ও K একই সাথে পাওয়া যাচ্ছে। সারণি 6.7 পরীক্ষা করলেই বোঝা যাচ্ছে যে, অনুপ্রবেশের মান অনুযায়ী A ও B-এর চারটে মাত্র পরিস্থিতির উদ্ভব হতে পারে এবং কোনো অবস্থাতেই ছুটির বেশী অঙ্ক এক সাথে যোগ করতে হচ্ছে না। অর্ধযোজক দ্বারা মাত্র ছুটি দ্বিনিধানী অঙ্ককে যোগ করা যায়, তার বেশী নয়।

একটি অর্দ্ধযোজককে 6.10 চিত্রানুযায়ী সংক্ষেপে দেখানো যেতে পারে। এরূপ অর্ধযোজককে আমরা ন্যায় বর্তনীর একটি উপাদান বলে ভাবতে পারি।

ইতিপূর্বে বলা হয়েছে, দ্বিনিধানী অঙ্ক 0 বা 1কে বিট বলে। যখন মাত্র দুটি বিটকে যোগ করতে হয়, তখন একটি অর্ধযোজকের দ্বারা সহজে কার্যো-



চিত্র 6.10 অর্ধযোজকের প্রতীক

দ্ধার হতে পারে। কিন্তু একাধিক বিটবিশিষ্ট দুটি সংখ্যাকে যোগ করতে অর্ধযোজকের ব্যবহার একটু জটিল হয়ে পড়ে, কারণ তখন 'হাতে' থাকা কোনো বিটকে তৃতীয় বিট হিসাবে যোগ করার প্রয়োজন হয়। প্রথমে এককের ঘরের বিট দুটির যোগফল অর্ধযোজকের দ্বারা সহজেই নির্ণয় করা যায়। কিন্তু তারপর যখন তিনটি বিটকে যোগ করার প্রয়োজন হয় তখন একটি পূর্ণ যোজকের ব্যবহার অনেক সময় সুবিধাজনক মনে হয়। এবার দেখা যাক একটি পূর্ণযোজকে কি ধরনের ন্যায় বর্তনী ব্যবহার করা হয়। পূর্ণযোজকে তিনটি বিট অনুপ্রবেশ করানো হয়, এবং দুটি বিট নির্গত হয়। নির্গত বিট দুটি হল **যোগফল বিট** এবং **বাহিত বিট**।

প্রথমে আমরা পূর্ণযোজকের সত্য সারণিটি নির্ধারণ করব। এখানে A ও B দুটি বিটকে যোগ করা হবে এবং C হচ্ছে পূর্বের যোগফলজনিত হাতে থাকা কোনো বিট। যেহেতু A, B ও C মাত্র 0 অথবা 1 হতে পারে, যোগফলকে S ও হাতের বিটকে K দিয়ে সূচিত ক'রে 6.8 সত্য সারণিটি পাওয়া যায়।

A	B	C	K	S
1	1	1	1	1
1	1	0	1	0
1	0	1	1	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	1
0	0	1	0	1
0	0	0	0	0

সারণি 6.8 তিনটি বিটের যোগফলের সত্য সারণি

সারণি 6.8 থেকে দেখা যাচ্ছে যে, বাহিত বিট K-এর মান তখনই 1 হচ্ছে যখন A, B এবং C প্রত্যেকটির মান 1 অথবা যখন A, B এবং C-এর মধ্যে মাত্র দুটির মান 1 হচ্ছে। এর থেকে পাওয়া যাচ্ছে

$$K = A.B.C + A.B.C' + A.B'.C + A'.B.C$$

সরল করে আমরা পাই, $K = (A.B).(C+C') + (A.B' + A'.B).C$

বুলীয় বীজগণিতের নিয়ম অনুযায়ী যেহেতু $C + C' = 1$ এবং সংজ্ঞানুসারে $AB' + A'B = A \oplus B$, কাজেই

$$K = A.B + (A.B' + A'.B).C$$
$$= A.B + (A \oplus B).C \quad (8)$$

আবার S-এর মান তখনই 1 হচ্ছে, যখন A,B এবং C-এর মধ্যে প্রত্যেকটিরই মান 1 অথবা যখন মাত্র একটির মান 1 হচ্ছে। অতএব,

$$S = A.B.C + A'.B'.C + A.B'.C' + A'B.C'$$
$$= (AB + A'.B').C + (AB' + A'.B).C' \quad (9)$$

উপরোক্ত রাশিমালাকে বুলীয় বীজগণিতের সাহায্যে সরল করার জন্য আমরা প্রথমে লক্ষ্য করি যে

$$(A.B' + A'.B)' = (AB')'.(A'B)' \quad (10)$$

একটি অভেদ। যেহেতু $(A')' = A$ এবং $(B')' = B$, (10) সমীকরণের ডান-দিকের পদগুলিতে ডি'মরগানের সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই

$$(A.B' + A'.B)' = (A' + B).\ (A + B')$$
$$= A'.A + A'.B' + B.A + B.B'$$

যেহেতু $A.'A = B.B' = 0$, অতএব সরল করে আমরা পাই

$$(A.B' + A'.B)' = A.B + A'.B$$

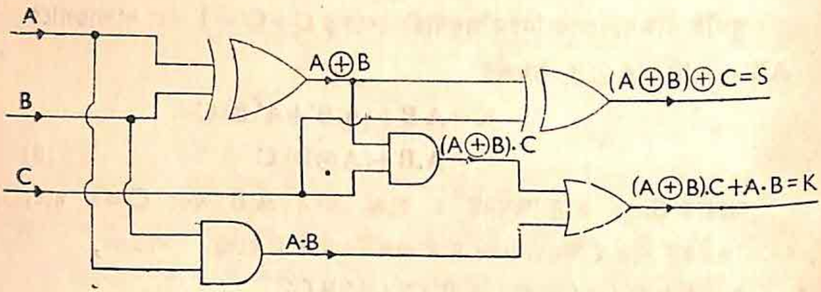
সুতরাং $A.B' + A'.B = (A.B + A'.B')$ (11)

এই মান (9) সমীকরণের ডানদিকের প্রথম পদে বসিয়ে আমরা পাই

$$S = (A \oplus B)'.C + (A \oplus B).\ C' = (A \oplus B) \oplus C \quad (12)$$

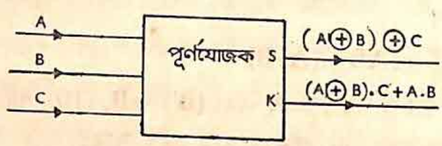
এবার (8) এবং (12)র সাহায্যে পূর্ণযোজকের ন্যায় বর্তনীটি রচনা করা হবে। প্রথমে একটি অর্ধযোজকের (অন্যথায় একান্ত-অথবা দ্বার ও এবং-দ্বারের) সাহায্যে A এবং B থেকে $A \oplus B$ এবং A.Bর মান পাওয়া যেতে পারে। তারপর আর একটি একান্ত-অথবা দ্বারের সাহায্যে $(A \oplus B)$ এবং

C থেকে S=(A⊕B)⊕C পাওয়া যাবে। এরপর একটি এবং-দ্বারের সাহায্যে A⊕B, ও C থেকে (A+B).C পাওয়া যাবে। এখন একটি অথবা-দ্বার ব্যবহার ক'রে (A⊕B).C এবং AB থেকে K=(A+B).C+A.B পাওয়া যাবে। নীচে 6.11 চিত্রে একটি পূর্ণযোজকের ন্যায় বর্তনীর সম্পূর্ণ রূপ এবং আলাদা করে সংক্ষিপ্ত রূপ দেখানো হয়েছে।



চিত্র 6.11 পূর্ণযোজকের ন্যায় বর্তনী

6.12 নং চিত্রে একটি পূর্ণযোজক সংক্ষেপে দেখানো হয়েছে। সংক্ষিপ্ত



চিত্র 6.12 পূর্ণযোজকের সংক্ষিপ্ত রূপ

রূপটিকে ন্যায় বর্তনীর একটি উপাদান বলে গ্রহণ করা যায়।

বিয়োগ ক্রিয়ার ন্যায় বর্তনী—এবার আমরা পাটীগণিতের বিয়োগ প্রক্রিয়ার ন্যায় বর্তনী রচনা করব। প্রথমে এক বিট-বিশিষ্ট দুটি দ্বিনিধানী সংখ্যার বিয়োগ ক্রিয়া বিবেচনা করা হচ্ছে। এক্ষেত্রে চারটি বিটের কথা মনে রাখতে হবে। যথা—

(i) A অর্থাৎ, যে বিটটি থেকে বিয়োগ করতে হবে ;

(ii) B অর্থাৎ, যে বিটটি বিয়োগ করতে হবে ;

(iii) K অর্থাৎ, যে বিটটি পূর্বের স্তম্ভ থেকে বিয়োগ করার সময় ধার নেওয়া হয়েছে ; এবং

(iv) D অর্থাৎ যে বিটটি বিয়োগফলরূপে পাওয়া যাচ্ছে।

যে ন্যায় বর্তনীর সাহায্যে দুটি এক বিট বিশিষ্ট সংখ্যার বিয়োগফল নির্ণয় করা যায় তাকে **অর্ধবিযোজক** বলে।

একটি অর্ধ-বিযোজকের সত্য সারণিটি 6.9 সারণিতে দেওয়া হল।

A	B	D	K
1	1	0	0
1	0	1	0
0	1	1	1
0	0	0	0

সারণি 6.9 দুটি বিটের বিয়োগফল নির্ণয়ের সত্য সারণি

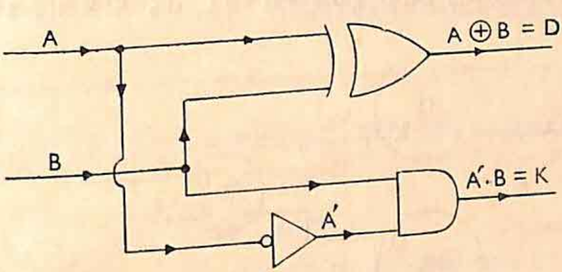
সারণিটি থেকে পাওয়া যায়,

$D = A.B' + A'.B$

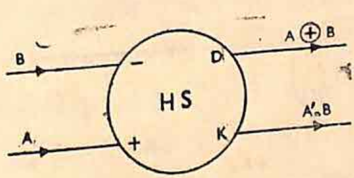
$= A \oplus B$

এবং $K = A'.B$

এবার আমরা একটি অর্ধবিযোজকের ন্যায় বর্তনা রচনা করতে পারি। A ও Bকে অনুপ্রবেশ করিয়ে একান্ত-অথবা-দ্বারের সাহায্যে $D = A \oplus B$ পাওয়া যাবে। সঙ্গে সঙ্গে A থেকে একটি ইনভার্টারের সাহায্যে A' বের করতে হবে ও একটি এবং-দ্বারের সাহায্যে A' ও B থেকে $K = A'.B$ পাওয়া যাবে। 6.13 চিত্রে একটি অর্ধবিযোজকের ন্যায় বর্তনী দেওয়া হল। চিত্র 6.14তে অর্ধবিযোজকের সংক্ষিপ্ত প্রতীক চিত্রটি দেখানো হয়েছে।



চিত্র 6.13 অর্ধ বিযোজকের ন্যায় বর্তনী



অর্ধবিযোজক

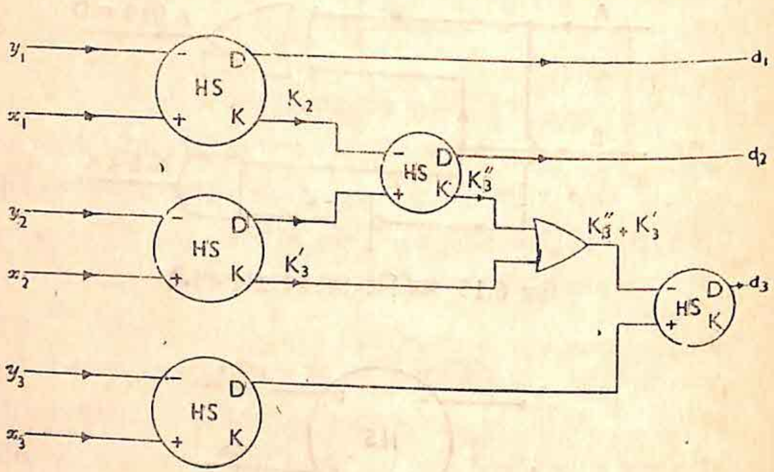
চিত্র 6.14 অর্ধবিযোজকের সংক্ষিপ্ত রূপ

অর্ধবিযোজকের সাহায্যে তিন বিট-বিশিষ্ট একটি সংখ্যা $A=x_3x_2x_1$ থেকে তিন বিট বিশিষ্ট ক্ষুদ্রতর একটি সংখ্যা $B=y_3y_2y_1$ বিয়োগ করার ন্যায় বর্তনী এখন রচনা করা হচ্ছে। 6.10 সারণিতে বিয়োগ ক্রিয়াটি দেখান হয়েছে।

তৃতীয় স্তম্ভ	দ্বিতীয় স্তম্ভ	প্রথম স্তম্ভ	
x_3	x_2	x_1	$=A$
y_3	y_2	y_1	$=B$
d_3	d_2	d_1	বিয়োগফল $D=A-B$
k_3	k_2	0	ধার বিট k

সারণি 6.10 দুটি তিন বিট-বিশিষ্ট সংখ্যার বিয়োগক্রিয়া

লক্ষণীয় যে, প্রথমে x_1 থেকে y_1 বিয়োগ করতে হবে। বিয়োগ ক্রিয়াটি একটি অর্ধযোজকের দ্বারা সম্পাদিত হবে। এই বিয়োগের সময় পূর্বের স্তম্ভ থেকে ধার নেওয়ার প্রয়োজন হতে পারে, অথবা নাও হতে পারে। দ্বিতীয় স্তম্ভ থেকে ধারকে k_2 দ্বারা নির্দেশ করলে, k_2-এর মান 1 হবে না 0 হবে, তা নির্ভর করবে x_1 ও y_1-এর প্রদত্ত মানের উপর। অতঃপর একটি অর্ধযোজক দ্বারা x_2 থেকে y_2 বিয়োগ করা হবে। বিয়োগফল d'_2 এবং তৃতীয় স্তম্ভ থেকে ধার বিটকে k'_3 দ্বারা সূচিত করা হল। d'_2 থেকে আর একটি অর্ধ-



চিত্র 6,15 অর্ধবিযোজকের সাহায্যে তিনবিট-বিশিষ্ট দুটি সংখ্যার বিয়োগ ফল নির্ণয়ের ন্যায় বর্তনী।

যোজকের সাহায্যে k_2 বিয়োগ করা হল। বিয়োগফল হবে d_2 এবং তৃতীয় স্তম্ভ থেকে ধার বিটকে k''_3 দ্বারা সূচিত করা হল। কিন্তু লক্ষ্য করার বিষয় যে, কোনো ক্ষেত্রেই কিন্তু তৃতীয় স্তম্ভ থেকে দুটি বিট ধার করতে হবে না। প্রকৃতপক্ষে, হয় k'_3 বিট অথবা k''_3 বিটটি ধার করতে হবে, এবং সেই ধার বিটটিকে আমরা k_3 দ্বারা সূচিত করব। অতঃপর একটি অর্ধবিযোজকের সাহায্যে x_3 থেকে y_3 বিয়োগ করা হবে এবং বিয়োগফল থেকে আর একটি অর্ধবিযোজকের সাহায্যে k_3 বিয়োগ করতে হবে। লব্ধ বিয়োগফল হবে d_3. যেহেতু দ্বিতীয় সংখ্যাটি প্রথম সংখ্যা থেকে ছোট, কাজেই তৃতীয় স্তম্ভের বিয়োগের সময় ধার করার প্রয়োজন হবে না। আলোচ্য ন্যায় বর্তনীটি চিত্র 6.15 তে প্রদর্শিত হল।

বিকল্পরূপে, উপরের সমস্যাটি একটি **পূর্ণবিযোজকের** সাহায্যেও সমাধান করা যায়। পাঠকগণ নিজেরাই একটি পূর্ণবিযোজক রচনা করবেন।

এবার একটি দৃষ্টান্ত নিয়ে দেখা যাক পূর্ণযোজকে কিভাবে যোগ প্রক্রিয়া সম্পাদিত হয়।

উদাহরণ 8. পূর্ণযোজকের সাহায্যে 9+11 এর যোগফলটি কিভাবে পাওয়া যাবে তা একটি চিত্রের সাহায্যে বিশদভাবে ব্যাখ্যা করতে হবে।

সমাধান—

প্রথমে 9 ও 11 এই দশমিক সংখ্যা দুটিকে দ্বিনিধানীতে লিখে পাওয়া যায়,

$$9 = (1001)_2$$

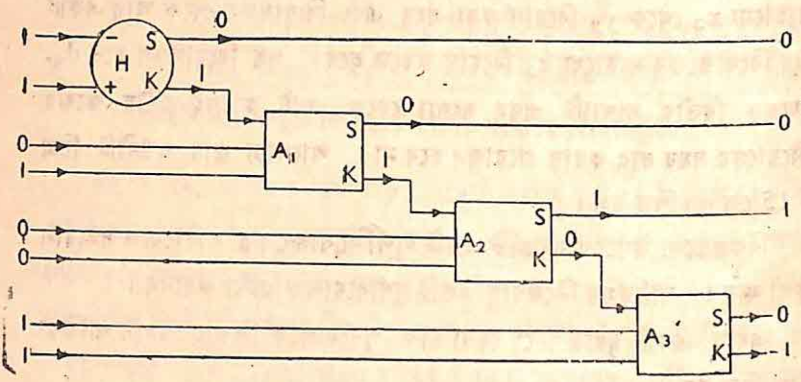
$$\text{এবং} \quad 11 = (1011)_2$$

সংখ্যা দুটি চার বিটের। তাই ন্যায় বর্তনীটিতে একটি অর্ধযোজক ও তিনটি পূর্ণযোজক ব্যবহার করতে হবে। অর্ধযোজকটি ডানদিকে এককের ঘরের জন্য থাকবে এবং বাকি তিনটি পূর্ণযোজক লাগবে ডানদিক থেকে যথাক্রমে 2^1, 2^2 ও 2^3-এর ঘরগুলির জন্য। অর্ধযোজকটি 1+1 থেকে 10 পাচ্ছে। এর 0 উত্তর হিসাবে নির্গমের ডানদিকের ঘরে পাওয়া যাবে। হাতের 1 তৃতীয় বিটরূপে প্রথম পূর্ণযোজক A_1এ যাবে। A_1এ অনুপ্রবিষ্ট তিনটি বিট 0, 1 ও 1-এর যোগফল 10 হবে, যার 0 নির্গম হিসাবে উত্তরে পাওয়া যাবে ও 1, দ্বিতীয় পূর্ণযোজক A_2তে বাহিত হবে। A_2তে অনুপ্রবিষ্ট হবে

0,0 এবং 1। এদের যোগ করে পাওয়া যাচ্ছে 1. অতএব নির্গম 1 উত্তরে আসবে এবং হাতের 0 অনুপ্রবিষ্ট হবে তৃতীয় পূর্ণযোজক A_3তে যেখানে তিনটি বিট 1, 1 এবং 0 যোগ ক'রে নির্গম 10 উত্তরে প্রকাশিত হবে।

সুতরাং, $9+11=(1001)_2+(1011)_2=(10100)_2$

ফলরূপে পাওয়া যাবে। ন্যায় বর্তনীটি 6.16 চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র 6.16 পূর্ণযোজকের সাহায্যে চারবিট বিশিষ্ট দুটি সংখ্যার যোগফলের ন্যায় বর্তনী

প্রশ্নমালা—6 (খ)

1. একটি অর্ধযোজকের ন্যায় বর্তনী অঙ্কন কর। বর্তনীটিতে প্রতিটি দ্বারের উপর 0 অথবা 1 বিট বসিয়ে নির্গম S ও K নির্ণয় কর যখন অনুপ্রবেশ A ও B হবে

(i) $A=1, B=0$
(ii) $A=0, B=0$
(iii) $A=1, B=1$

2. একটি পূর্ণযোজকের বর্তনীর দ্বারগুলিতে 0 অথবা 1 (প্রয়োজনমত) বসিয়ে অনুপ্রবেশ A, B ও C-এর নীচে প্রদত্ত মানগুলি নিয়ে নির্গম S ও K-এর মান নির্ণয় কর :

(i) $A=1, B=0, C=0$
(ii) $A=1, B=0, C=1$

(iii) $A=0, B=1, C=0$
(iv) $A=0, B=1, C=1$
(v) $A=1, B=1, C=1$
(vi) $A=0, B=0, C=0$

3. পূর্ণযোজককে নীচের যোগফল কেমন করে পাওয়া যাবে চিত্রের সাহায্যে তা ব্যাখ্যা কর :

(i) $5+6$
(ii) $10+17$
(iii) $26+35$

4. বিয়োগ বর্তনার পূর্ণচিত্রে প্রতিটি দ্বারের উপর প্রয়োজনমত 0 অথবা 1 বসিয়ে অনুপ্রবেশ A, B এবং C-এর জন্য নিম্নে প্রদত্ত মানগুলি নিয়ে নির্গম K ও S-এর মান নির্ণয় কর :

(i) $A=0, B=0, C=1$
(ii) $A=1, B=0, C=1$
(iii) $A=1, B=1, C=1$
(iv) $A=0, B=1, C=1$

5. নীচের বিয়োগফলগুলি কিভাবে পাওয়া যাবে চিত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর :

(i) $6-5$
(ii) $17-10$

6. বুলীয় বীজগণিতের সূত্রের সাহায্যে প্রমাণ কর যে $(A \oplus B).C+AB = A.B+B.C+C.A.$

7. অর্ধযোজকের সাহায্যে তিন বিট-বিশিষ্ট দুটি সংখ্যার যোগফল নির্ণয়ের ন্যায় বর্তনী রচনা কর।

8. পূর্ণবিযোজকের সাহায্যে তিন বিট-বিশিষ্ট একটি সংখ্যা থেকে তিন বিট বিশিষ্ট ক্ষুদ্রতর একটি সংখ্যার বিয়োগফল নির্ণয়ের ন্যায় বর্তনী রচনা কর।

উত্তরমালা

প্রশ্নমালা—3

1. (i) অবৈধ (ii) অবৈধ (iii) বৈধ (iv) বৈধ (v) অবৈধ

2. (i) অবৈধ (ii) অবৈধ (iii) বৈধ (iv) অবৈধ (v) অবৈধ

3. (i) অবৈধ (ii) অবৈধ (iii) বৈধ (iv) বৈধ (v) বৈধ (vi) অবৈধ (vii) অবৈধ (viii) অবৈধ (ix) অবৈধ

4. (i) তিন (ii) চার (iii) ছয় (iv) দুই (v) তিন (vi) তিন (vii) তিন (viii) পাঁচ

5. (i) 63.835 (ii) 3.142 (iii) ·018 (iv) 712·024 (v) ·004

6. (i) 72·85 (ii) $\cdot 7349 \times 10^5$ (iii) ·005394 (iv) $\cdot 5162 \times 10^5$ (v) $\cdot 4620 \times 10^6$ (vi) ·08005 (vii) $\cdot 2381 \times 10^6$

7. (i) বৈধ বাস্তব (ii) অবৈধ (iii) বৈধ বাস্তব (iv) অবৈধ (v) অবৈধ (vi) বৈধ অখণ্ড (vii) বৈধ অখণ্ড (viii) বৈধ অখণ্ড (ix) অবৈধ (x) অবৈধ (xi) অবৈধ (xii) অবৈধ (xiii) বৈধ বাস্তব (xiv) বৈধ বাস্তব (xv) অবৈধ (xvi) অবৈধ

8. (i) বৈধ ; (ii) বৈধ ; (iii) অবৈধ ; X2+VOLI/(−3.)

(iv) অবৈধ ; −(FCI+3. * PI * * 2)/DOG

(v) অবৈধ ; N * (N+1) * (2 * N+1)/6

(vi) অবৈধ ; N * * 3/2+N * * 3 হতে পারে। অন্যরূপও হওয়া সম্ভব।

(vii) অবৈধ, কারণ 2. * DURGA বাস্তব রাশি এবং 3 * NARAD অখণ্ড রাশি এবং এদের যোগ করা চলবে না। এক্ষেত্রে সবগুলি রাশিই বাস্তবরূপে লেখা যায়। যেমন,

2. * DURGA+3. * ARAD

লক্ষণীয় যে NARAD শব্দটি চলবে না। তবে ARAD-এর পরিবর্তে GARAD লিখলেও কোন ক্ষতি নেই।

(viii) বৈধ ; (ix) অবৈধ ; AN * * 1·5 লেখা চলে ; (x) বৈধ

9. অথণ্ড ও বাস্তবরূপে মেশানো চলবে না।

13. N * L একটি অথণ্ড রাশিমালা ; ট্যানজেণ্ট ফাংশন লেখার জন্য রাশিমালাটিকে বাস্তবরূপে লেখা প্রয়োজন। যেমন, AN * AL+TAN (AN * AL)

15. (i) $c+\frac{d}{a-b}$ (ii) $(a+b)(a^2-2ab+b^2)$

(iii) $\frac{c}{d^f g+h}+\frac{a}{b}$ (iv) $\frac{ac}{d+\frac{e^a}{b}+p}+x$

(v) $\frac{\alpha \sin(\omega t+\epsilon)}{\sqrt{\alpha^3+\omega^3}}$ (vi) $\frac{1-e^{-\alpha\sqrt{2x}}}{4+x\,e^{-|2x|}}$

16. $\frac{h^a}{c}+\frac{c}{a^b-d}-e^b f$

17. (i) 5 (ii) 5 (iii) 1

18. 51

19. 1·2

20. X=2.–Y অথবা Y=2.–X

21. (i) অবৈধ ; (ii) অবৈধ ; (iii) অবৈধ ; (iv) বৈধ ; (v) অবৈধ

প্রশ্নমালা—4

কিছু বলা না থাকলে m অক্ষর দ্বারা 1 থেকে 99999 পর্যন্ত কোন একটি পূর্ণসংখ্যা বুঝায়। উত্তরমালায় কেবল ফর্মা বিবৃতি লেখা হচ্ছে (ন্যূনতম ক্ষেত্রদৈর্ঘ্য ধ'রে)।

1. (i) m FORMAT (F 8·6, F 7·6, I 2)
   (ii) m FORMAT (F 8·6, F 7·3, F 9·7, I 4)
   (iii) m FORMAT (I 3, I 1, I 4, F 5·0)
   (iv) m FORMAT (F 8·5, F 8·2, E 10·3, E 12·5)
   অথবা m FORMAT (F 8·5, F 8·2, F 7·0, F 6·5)
   (v) m FORMAT (F 4·2, F 8·5, I 8)

2. অবৈধ

3. (i) অবৈধ (ii) অবৈধ (iii) অবৈধ (iv) অবৈধ (v) বৈধ (vi) অবৈধ

4. READ m, X, N3, Y
m FORMAT (E 16·5, I 4, F 12·4)

7. READ m, X, Y

(i) m FORMAT (E 15·6, F 11·3), অথবা
···(2X, E 13·6, 3X, F 8·3)

(ii) m FORMAT (E 14·4, F 12·6), অথবা
·· (3X, E 11·4, 5X, F 7·6)

8. PRINT m, X, Y

(i) m FORMAT (1 H ƀ, E 15·6, F 11·3)
(ii) m FORMAT (1 H ƀ, E 14·4, F 12·6)

9. ƀ ƀ 3.141593 ƀ ƀ ƀ 0.100000 E—05 ƀ ƀ 100 ƀ ƀ ƀ ƀ ƀ—
·201578

10. (i) ƀ ƀ ƀ ƀ 3·141593 * * * * * * * * * * * * * ƀ ƀ 100
ƀ ƀ ƀ ƀ—·201578

(ii) ƀ 0·314159 E ƀ 01 ƀ ƀ ƀ ƀ ƀ ·000001 ƀ 100 ƀ ƀ ƀ ƀ ƀ ƀ—
·201578

11. PRINT m

m FORMAT (IHƀ, 15HROOTSƀIMAGINARY)

অথবা,

m FORMAT (IHƀ, 'ROOTSƀ IMAGINARY')

12. PRINT m

m FORMAT (IHƀ, 12HNO-SOLUTION.)

ফুলষ্টপ এবং ড্যাস চিহ্নকে হিসেবের মধ্যে ধরতে হবে। অথবা,

m FORMAT(IHƀ, 'NO—SOLUTION'.)

প্রশ্নমালা—6 (ক)

1.

দশমিক	দ্বিনিধানী	অষ্টকী	দশমিক	দ্বিনিধানী	অষ্টকী
17	10001	21	24	11000	30
18	10010	22	25	11001	31
19	10011	23	26	11010	32
20	10100	24	27	11011	33
21	10101	25	28	11100	34
22	10110	26	29	11101	35
23	10111	27	30	11110	36

2. (i) 1011010 (ii) 1100100 (iii) 101110011 (iv) 110010000 (v) 10011010010 (vi) 1000000 (vii) 11111001 (vii) 100000000 (ix) 1010011100
3. (i) 17 (ii) 682 (iii) 113 (iv) 1023
4. (i) $(21)_8$ (ii) $(70)_8$ (iii) $(1252)_8$ (iv) $(1777)_8$
5. (i) 10111 (ii) 100000 (iii) 1101000 (iv) 11000001
6. (i) 100 (ii) 10 (iii) 101 (iv) 100010
7. (i) 1111 (ii)
8. (i) 1101 (ii) 1000110 (iii) 1100010 (iv) 111011101
9. (a) 1010 (b) $(12)_8$
12. (i) বিজোড় (ii) জোড় (iii) বিজোড় (iv) জোড় (v) জোড়
13. (i) 377 (ii) 85 (iii) 34 (iv) 127 ; মৌলিক

পরিশিষ্ট-ক

বিস্তারিত বিষয়সূচী

পরিশিষ্ট-খ

ব্যবহৃত পারিভাষিক শব্দাবলীর তালিকা

ইংরেজি—বাংলা

Access—অভিগম্যতা
—, time—অভিগম্যতা কাল
Adder—যোজক
—, full—পূর্ণযোজক
—, half—অর্ধযোজক
Address—ঠিকানা
ALGOL—অ্যালগল
Algorithm—কলনবিধি
Analog computer—অনুরূপ যন্ত্রগণক
Analytical engine—বিশ্লেষণী ইনজিন
And gate—এবং-দ্বার
Arithmetic—পাটীগণিত
—, IF—পাটীগণিতীয় ইফ
—, operation—পাটীগণিতীয় ক্রিয়া
—, statement—পাটীগণিতীয় বিবৃতি
—, unit—পাটীগণিতীয় অঙ্গ
Ascending order—ঊর্ধ্বক্রম
Assignment instruction—আরোপ নির্দেশ
Auxiliay memory—সহায়ক স্মৃতি
Base—নিধান
Binay—দ্বিনিধানী
—, number—দ্বিনিধানী সংখ্যা
Bit—বিট
Borrow—ধার
Calculator—গণক
—, key board desk—কী বোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটর
Card—কার্ড
Cary—হাতে, বহন
—, bit—বাহিত বিট
Circuit—বর্তনী
Circuitry—বর্তনীতত্ত্ব
Column—স্তম্ভ
Compiler—সংকলক
—, FORTRAN—ফরট্রান সংকলক
Compilation—সংকলন
Computer—যন্ত্রগণক
—, analog—অনুরূপ যন্ত্রগণক
—, digital—সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক
Connective—যোজক
Console—কনসোল
Constant—ধ্রুবক
—, FORTRAN—ফরট্রান ধ্রুবক
—, integer—অখণ্ড ধ্রুবক
—, real—বাস্তব ধ্রুবক
CONTINUE—কনটিন্যু
Control—নিয়ন্ত্রণ, কনট্রোল
—, card—নিয়ন্ত্রণ কার্ড
—, transfer of—নিয়ন্ত্রণ বদলি

—, unit—নিয়ন্ত্রণ অঙ্গ
Debugging—ভ্রান্তি নিরসন
Decimal—দশমিক
Decision box—সিদ্ধান্ত বাক্স
Defined—সংজ্ঞাত
Digit—অঙ্ক
Digital—সংখ্যাত্মক
—, computer—সংখ্যাত্মক যন্ত্রগণক, ডিজিটাল কমপিউটার
Do loop—ডু লুপ
Do statement—ডু বিবৃতি
Domain—এলাকা
Duodecimal—দ্বাদশ নিধানী
Element—উপাদান
—, logical circuit—ন্যায় বর্তনীর উপাদান
Error—ভ্রান্তি
Even—জোড়
Executable statement—নির্বাহযোগ্য বিবৃতি
Exponentiation—সূচকীকরণ
Exponential function—সূচকী ফাংশন
Expression—রাশিমালা
Exclusive or gate—একান্ত-অথবা দ্বার
Field—ক্ষেত্র
—, length—ক্ষেত্র দৈর্ঘ
Flow chart—প্রবাহচিত্র
FORMAT statement—ফর্মা বিবৃতি
FORTRAN—ফরট্রান
—, compiler—ফরট্রান সংকলক
—, constant—ফরট্রান ধ্রুবক
—, programming—ফরট্রান প্রোগ্রামবিধি
Fractional form—ভগ্নাংশ রূপ
Function—ফাংশন
Functional component—কার্মিক অঙ্গ
Gate—দ্বার
—, And—এবং-দ্বার
—, Or—অথবা-দ্বার
—, Exclusive or—একান্ত-অথবা দ্বার
Generalized form—সামান্যরূপ
GO TO—গো টু
Half adder—অর্ধযোজক
Half subtractor—অর্ধবিযোজক
Hierarchy rule—অগ্রাধিকার নিয়ম
Hollerith field declaration—হলেরিথ বিবৃতি
Illegal—অবৈধ
Input—অনুপ্রবেশ
Instruction—নির্দেশ
—, assignment—আরোপ নির্দেশ
—, initial setting—প্রারম্ভিক প্রতিস্থাপন নির্দেশ
—, print—প্রিণ্ট নির্দেশ
—, read—রীড নির্দেশ
Integer—পূর্ণসংখ্যা
—, constant—অখণ্ড ধ্রুবক
—, variable—অখণ্ড চলরাশি
—, variable name—অখণ্ড চলনাম
Inverter—বিপরীত কারক, ইনভারটার

Key board desk calculator—কী বোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটর
Language—ভাষা
—, machine—মেশিনভাষা
—, procedural—প্রক্রিয়াভাষা
—, programming—প্রোগ্রামভাষা
—, processor—ভাষা সংসাধক
List—তালিকা
Logic—ন্যায়
—, mathematical—গাণিতিক ন্যায়
Logical circuit—ন্যায় বর্তনী
Logical IF—ন্যায় ইফ
Loop—লুপ
—, Do—ডু লুপ
Machine—মেশিন
—,language—মেশিন ভাষা
Magnetic core—চৌম্বক কোর
Magnetic tape—চৌম্বক টেপ
Mantissa—অংশক
Memory cell—স্মৃতিকোঠা
Memory—স্মৃতি
Method—পদ্ধতি
Mill—মিল
Multiple—গুণিতক
Multiplication table—নামতা
Name—নাম
—, integer vaiable—অখণ্ড চলনাম
—, real vaiable—বাস্তব চলনাম
Natural number—স্বাভাবিক সংখ্যা
Negative—ঋনাত্মক
Number—সংখ্যা
—, binary—দ্বিনিধানী সংখ্যা
—,decimal—দশমিক সংখ্যা
—, octal—অষ্টকী সংখ্যা
Numeral—সাংখ্য প্রতীক
Numerical—সাংখ্যিক
Object program—মেশিন প্রোগ্রাম
Octal—অষ্টকী
Off—অফ, নেবান
On—অন, জ্বালান
Operation—ক্রিয়া
—, time—ক্রিয়াকাল
Output—নির্গম
—,instruction—নির্গম নির্দেশ
Parallel circuit—সমান্তরাল বর্তনী
PASCAL—পাসকাল (ভাষার নাম)
Pattern of holes—ছিদ্রগুচ্ছ
Place value—স্থিতিমান
Positive—ধনাত্মক
Prime—মৌলিক
Print—প্রিন্ট, ছাপা
—, instruction—প্রিন্টনির্দেশ
Principal value—প্রধানমান
Processor—সংসাধক
—, central—কেন্দ্রীয় সংসাধক
Processing—সংসাধন
Program—প্রোগ্রাম
Programmer—প্রোগ্রাম কারক
Programming—প্রোগ্রাম বিধি
Punch—পাঞ্চ
—, card—ছিদ্র কার্ড, পাঞ্চ কার্ড
—, instruction—পাঞ্চ নির্দেশ
Punching—ছিদ্রিত করা
Quantity—রাশি
Read—রীড
Real—বাস্তব

—, constant — বাস্তব ধ্রুবক
—, variable — বাস্তব চলরাশি
—, variable name — বাস্তব চলনাম
Relay contact — রিলে স্পর্শক
Row — সারি
Series — শ্রেণী
—, circuit — একসারির বর্তনী
Sequence — পরম্পরা
—, of instructions — নির্দেশ পরম্পরা
Sign — চিহ্ন
Significant figures — সার্থক অঙ্ক
Slide rule — স্লাইড রুল
Source program — উৎস প্রোগ্রাম
Statement — বিবৃতি
—, number — বিবৃতি সংখ্যা
—, executable — নির্বাহযোগ্য
—, Go To — গো টু বিবৃতি
—, Do — ডু বিবৃতি
Subscripted variable — উপাক্ষরীয় চলরাশি
Substitution — প্রতিস্থাপন
Subtractor — বিযোজক
Symbol — প্রতীক
System — পদ্ধতি
Switch — সুইচ
Table — সারণি
Trinary — ত্রিনিধানী
Transfer — বদলি
—, of control — নিয়ন্ত্রণ বদলি
Unconditional transfer of control — নিঃসর্ত নিয়ন্ত্রণ বদলি
Undefined — অসংজ্ঞাত
Unit — অঙ্গ
—, arithmetic — পাটীগণিতীয় অঙ্গ
—, control — নিয়ন্ত্রন অঙ্গ
—, input — অনুপ্রবেশ অঙ্গ
—, memory — স্মৃতি অঙ্গ
—, output — নির্গম অঙ্গ
Value — মান
—, correctly rounded — শুদ্ধমান
Word — শব্দ
— length — শব্দদৈর্ঘ
Writing a propram — প্রোগ্রাম রচনা

পরিশিষ্ট-গ

পারিভাষিক শব্দাবলী

বাংলা-ইংরাজি

অংশক — mantissa
অসংজ্ঞাত — undefined
অঙ্ক — digit
অর্ধযোজক — half adder
অর্ধ-বিযোজক — half, subtractor
অনুপ্রবেশ — input
—, নির্দেশ — input instruction
অষ্টকী — octal

–, সংখ্যা – octal number
অনুপ্রবেশ অঙ্গ – input unit
অন – on
অফ – off
অনুরূপ যন্ত্রগণক – analog computer
অভিগম্যতা – access
–, কাল – access time
অখণ্ড ধ্রুবক – integer constant
অখণ্ড চলরাশি – integer variable
অখণ্ড চলনাম – integer variable name
অগ্রাধিকার নিয়ম —hierarchy rule
অবৈধ – illegal
অঙ্গ—unit
অথবা-দ্বার —or gate
অ্যালগল – ALGOL
আরোপ নির্দেশ – assignment instruction
আসন্নমান – approximate value
ইফ – IF
ইনভারটার – inverter
উপাক্ষরীয় চলরাশি – subscripted variable
উৎস প্রোগ্রাম – source program
ঊর্ধ্বক্রম – ascending order
উপাদান – element
–, ন্যায় বর্তনীর – logical circuit element
ঋণাত্মক – negative
এলাকা – domain
এবং দ্বার – And gate
একান্ত-অথবা দ্বার – Exclusive or gate
কার্মিক অঙ্গ – functional component
কীবোর্ড ডেস্ক ক্যালকুলেটর – key-board desk calculator
কনসোল—Console
কলনবিধি – algorithm
কনাটিন্যু – CONTINUE
কার্ড – card
কার্ডগুচ্ছ – deck of cards
কেন্দ্রীয় সংসাধক —central-processor
ক্ষেত্র – field
ক্ষেত্র দৈর্ঘ – field length
ক্রিয়া – operation
–, কাল – Operation time
গণক – Calculator
গো টু – GO TO
গাণিতিক ন্যায় – mathematical logic
গুণিতক – multiple
চুম্বক – magnet
চৌম্বক টেপ – magnetic tape
চৌম্বক কোর – magnetic core
চিহ্ন – sign
ছিদ্র – hole
ছিদ্রগুচ্ছ – pattern of holes
ছিদ্রিত কার্ড – punched card
ছিদ্রিত করা – punching
জোড় – even
ঠিকানা – address
ডু লুপ – Do loop
ডু বিবৃতি – Do statement
ধনাত্মক – positive
ধ্রুবক – constant
ধার – borrow

দ্বার – gate
দশমিক – decimal
–, সংখ্যা – decimal number
দ্বিনিধানী – binary
–, সংখ্যা – binary number
দ্বাদশনিধানী – duodecimal
নামতা – multiplication table
ন্যায় – logic
–, বর্তনী – logical circuit
–, ইফ – logical if
নির্গম – output
–, অঙ্গ – output unit
–, নির্দেশ – Output instruction
নিধান – base
নিয়ন্ত্রণ – control
–, বদলি – transfer of control
নিঃসর্ত—unconditional
—,নিয়ন্ত্রণ বদলি—unconditional transfer of control
নির্বাহযোগ্য বিবৃতি—executable statement
নির্দেশ—instruction
–,পরম্পরা – sequence of instruction
নাম – name
নেবান – off
পঠন – reading
পদ্ধতি – method
পাসকাল – PASCAL
পাটীগণিত – arithmetic
পাটীগণিতীয় ক্রিয়া – arithemetic operation
পাটীগণিতীয় অঙ্গ – arithmetic unit
পাটীগণিতীয় বিবৃতি – arithmetic statement
পাটীগণিতীয় ইফ - arithmetic if
প্রবাহচিত্র – flowchart
প্রতিস্থাপন – substitution
প্রারম্ভিক প্রতিস্থাপন নির্দেশ – initial setting instruction
প্রিণ্ট নির্দেশ – print instruction
পূর্ণসংখ্যা – integer
পূর্ণযোজক – full adder
পূর্ণবিযোজক – full subtractor
প্রক্রিয়াভাষা – procedural language
প্রধানমান – principal value
প্রোগ্রাম – program
– রচনা – program writing
প্রোগ্রামকারক – programmer
পরম্পরা – sequence
প্রতীক – symbol
পাঞ্চ নির্দেশ – punch instruction
পাঞ্চ কার্ড – punch card
ফাংশন – function
ফরট্রান – FORTRAN
–, প্রোগ্রামবিধি – FORTRAN programming
–,ধ্রুবক – FORTRAN constant
– চলরাশি – FORTRAN variable
–, সংকলক – FORTRAN compiler
–, ভাষা – FORTRAN language
বিযোজক – subtractor
বিবৃতি – statement
–, সংখ্যা – statement number

বিশ্লেষণী ইনজিন – analytical engine
বাস্তব – real
– , ধ্রুবক – real constant
—.চলনাম – real variable name
বদলি – transfer
বিট – bit
বর্তনী—circuit
—, তত্ত্ব—circuitry
বহন – carry
বাহিত বিট—carry bit
বিপরীত কারক – inverter
ভ্রান্তি – error
—, নিরসন—debugging
ভিত্তি – base
ভাষা – language
ভগ্নাংশ রূপ—fractional form
মিল – mill
মেশিনভাষা—machine language
মেশিন প্রোগ্রাম—Object program
মৌলিক—prime
মান—value
যোগক্রিয়া—addition
যোজক—connective, adder
রাশি—quantity
রাশিমালা—expression
রীড—read
—, নির্দেশ—read instruction
লুপ—loop
হলেরিথ বিবৃতি —Hollerith field declaration
শুদ্ধমান —correctly rounded value
সংখ্যা —number
সংখ্যাত্মক—digital
সাংখ্যিক—numerical
স্লাইড রুল—slide rule
সংসাধন—processing
সংসাধক—processor
সহায়ক স্মৃতি – auxiliary memory
স্মৃতি – memory
– , অঙ্গ – memory unit
– , কোঠা—memory cell
সিদ্ধান্ত বাক্স – decision box
সংকলক – compiler
সংকলন – compilation
সার্থক অঙ্ক – significant figure
সূচক – exponent
সূচকী ফাংশন – exponential function
সূচকীকরণ – exponentiation
সূচকীরূপ – exponential form
স্তম্ভ – column
সামান্যরূপ – generalized form

আমাদের নির্বাচিত পাঠ্যপুস্তক

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষদের নূতন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী লিখিত

॥ দশম শ্রেণীর জন্য ॥

ভৌত বিজ্ঞান

বিজ্ঞান পরিচয় (২য়) ঃ ড. অরবিন্দ নাগ ও ড. দেবব্রত নাগ

গণিত

গণিত বিকাশ (৩য়) ঃ ম্যাথেমেটিক্যাল অ্যাসোসিয়েশন, যাদবপুর
[পাটীগণিত ও বীজগণিত]

গণিত বিকাশ (৪র্থ) ঃ ম্যাথেমেটিক্যাল অ্যাসোসিয়েশন, যাদবপুর
[জ্যামিতি, পরিমিতি ও ত্রিকোণমিতি]

—

॥ এই বই সম্পর্কে ॥

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষদের ডিসক্রীট ম্যাথেমেটিক্স বা বিশ্লিষ্ট গণিতের দশম শ্রেণীর পাঠক্রম অনুযায়ী বর্তমান পুস্তকটি রচনা করা হয়েছে। ইলেকট্রনিক ডিজিটাল কমপিউটার ও ফরট্রান প্রোগ্রামবিধির এটি একটি প্রাথমিক পুস্তক। দৈনন্দিন জীবনে আজকাল প্রায়ই কমপিউটারের প্রসঙ্গ ওঠে। কমপিউটার যন্ত্রটি কিভাবে গণনার কাজ করে অথবা বিভিন্ন গাণিতিক সমস্যার সমাধানে কিভাবে কমপিউটার ব্যবহার করা যায় তা এই পুস্তকে আলোচনা করা হয়েছে। স্কুল বা কলেজের শিক্ষার্থী ছাড়াও সাধারণ পাঠকদের মধ্যে যাঁরা মাতৃভাষার মাধ্যমে এ বিষয়ে প্রাথমিক জ্ঞান লাভ করতে চান পুস্তকটি তাঁদেরও কাজে লাগবে, আশা করা যায়। এটি পাঠ করার জন্য উচ্চতর গণিতের জ্ঞান আবশ্যক নয় এবং যথাসাধ্য সহজ ও স্বয়ংসম্পূর্ণরূপে এটি রচনা করা হয়েছে।

ওরিয়েণ্ট লংম্যান লিমিটেড

A.I.M.T. : COMPUTER O FORTRAN PROGRAMME BIDHI
(Discrete Mathematics for Class X in Bengali)

1975

Rs. 12·50